

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΟΣ ΤΟΜΕΑΣ**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«ΣΑΜΑΡΑΚΙΑ ΣΤΟ ΑΣΤΙΚΟ ΟΔΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ:
Η ΣΥΜΜΕΤΟΧΗ ΤΟΥΣ ΣΤΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ
ΤΟΥ ΑΚΟΥΣΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ»**

ΕΚΠΟΝΗΣΗ:

**ΚΑΛΑΦΑΤΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ
ΠΙΤΣΟΛΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ**

ΕΠΙΒΛΕΠΟΝΤΕΣ:

**ΒΟΓΙΑΤΖΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ
ΗΛΙΟΥ ΝΙΚΟΛΑΟΣ**

ΒΟΛΟΣ 2005

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ
ΤΜΗΜΑ ΠΟΛΙΤΙΚΩΝ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ
ΣΥΓΚΟΙΝΩΝΙΑΚΟΣ ΤΟΜΕΑΣ**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«ΣΑΜΑΡΑΚΙΑ ΣΤΟ ΑΣΤΙΚΟ ΟΔΙΚΟ ΔΙΚΤΥΟ:
Η ΣΥΜΜΕΤΟΧΗ ΤΟΥΣ ΣΤΗ ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΗ
ΤΟΥ ΑΚΟΥΣΤΙΚΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ»**

**ΕΚΠΟΝΗΣΗ:
ΚΑΛΑΦΑΤΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ
ΠΙΤΣΟΛΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΟΝΤΕΣ:
ΒΟΓΙΑΤΖΗΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ
ΗΛΙΟΥ ΝΙΚΟΛΑΟΣ**

ΒΟΛΟΣ 2005



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗΣ & ΠΛΗΡΟΦΟΡΗΣΗΣ
ΕΙΔΙΚΗ ΣΥΛΛΟΓΗ «ΓΚΡΙΖΑ ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ»**

Αριθ. Εισ.: 2440/1
Ημερ. Εισ.: 22-06-2005
Δωρεά: Συγγραφείς
Ταξιθετικός Κωδικός: ΠΤ – ΠΜ
2005
ΚΑΛ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσης εργασίας είναι η μελέτη της συμμετοχής των υπερυψωμένων εγκάρσιων λωρίδων (σαμαρακίων), στη διαμόρφωση του αστικού ακουστικού περιβάλλοντος. Τα σαμαράκια αποτελούν τη συνηθέστερα χρησιμοποιούμενη από τις τεχνικές ήπιας κυκλοφορίας και συναντώνται σε μεγάλη συχνότητα στους ελληνικούς αστικούς δρόμους, κρίνεται συνεπώς σκόπιμο να διερευνηθεί το κατά πόσον μπορεί η χρήση τους να επηρεάσει τα επίπεδα ακουστικής ενόχλησης στις περιοχές στις οποίες εγκαθίστανται.

Για τους σκοπούς της μελέτης διεξήχθη πείραμα στο οποίο μετρήθηκαν οι τιμές αιχμών θορύβου κατά τη διέλευση δύο διαφορετικού τύπου οχημάτων από κοινό οδόστρωμα καθώς και οι αντίστοιχες τιμές κατά τη διέλευσή τους από δύο διαφορετικές διατάξεις σαμαρακίων και προσδιορίστηκε η διαφορά τους, με στόχο την εκτίμηση της αναμενόμενης επιδείνωσης των τιμών αυτών λόγω της ύπαρξης των διατάξεων, αναλόγως πάντα με την ταχύτητα διέλευσης του οχήματος. Η διαδικασία του πειράματος, καθώς και όλες οι λεπτομέρειες για τον εξοπλισμό και τις διατάξεις που χρησιμοποιήθηκαν, περιγράφονται αναλυτικά στο τέταρτο κεφάλαιο του παρόντος τεύχους.

Προηγουμένως, στα πρώτα κεφάλαια της εργασίας, γίνεται μία σύντομη αναφορά στις τεχνικές ήπιας κυκλοφορίας που μπορούν να χρησιμοποιηθούν και μία περισσότερο λεπτομερής παρουσίαση των σαμαρακίων καθώς και σχολιασμός των πλεονεκτημάτων και μειονεκτημάτων που εμφανίζει η χρησιμοποίησή τους. Παρουσιάζεται επίσης το ελληνικό και διεθνές νομικό πλαίσιο όσον αφορά την τοποθέτηση σαμαρακίων. Ακόμη, εξετάζεται το πρόβλημα της ηχορύπανσης στο σύγχρονο αστικό περιβάλλον και μία από τις βασικότερες αιτίες δημιουργίας του, ο οδικός κυκλοφοριακός θόρυβος. Για τον τελευταίο, γίνεται εκτενής αναφορά στους παράγοντες που τον επηρεάζουν, στις επιπτώσεις του, στα μέτρα προστασίας από αυτόν και τη σχετική νομοθεσία, ενώ γίνεται και μία πρώτη εξέταση της συσχέτισης μεταξύ της ύπαρξης σαμαρακίων σε μία οδό και των επιπέδων οδικού κυκλοφοριακού θορύβου της περιοχής, με την αναφορά σε άλλες μελέτες ευρωπαϊών επιστημόνων που προσπάθησαν να διερευνήσουν το θέμα.

Μετά την περιγραφή του πειράματος, γίνεται η αναλυτική παρουσίαση των αποτελεσμάτων του, σε μορφή διαγραμμάτων και πινάκων, ο σχολιασμός τους και η ανάλυση μίας σειράς από συμπεράσματα που προέκυψαν, αναφορικά με τη συμμετοχή των σαμαρακίων του αστικού οδικού δικτύου στη διαμόρφωση του ακουστικού περιβάλλοντος. Τέλος, στο παράρτημα της εργασίας παρατίθενται διαγράμματα και πίνακες που κρίθηκε ότι παρουσιάζουν ενδιαφέρον για μία περισσότερο λεπτομερή εξέταση των αποτελεσμάτων του πειράματος που διεξήχθη.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Στο σημείο αυτό θα θέλαμε να εκφράσουμε τις θερμές μας ευχαριστίες στους επιβλέποντες της παρούσας εργασίας κ. Βογιατζή Κωνσταντίνο, ομότιμο επίκουρο καθηγητή του τμήματος Πολιτικών Μηχανικών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, και κ. Ηλιού Νικόλαο, επίκουρο καθηγητή του τμήματος Πολιτικών Μηχανικών του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας, για τις πολύτιμες συμβουλές και υποδείξεις τους καθώς και για την παροχή του απαιτούμενου εξοπλισμού και των οχημάτων για τη διεξαγωγή του πειράματος.

Ευχαριστούμε επίσης τον συνάδελφο κ. Αντωνιάδη Χαράλαμπο καθώς και τη φοιτήτρια του τμήματος Πολιτικών Μηχανικών του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης Καμπούρογλου Χρυσάνθη για την άψογη συνεργασία. Θα θέλαμε, τέλος να εκφράσουμε τις ευχαριστίες μας στο οικογενειακό και φιλικό μας περιβάλλον για τη βοήθεια και τη συμπαράστασή τους.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΡΩΤΟ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.1. Γενικά.....	1
1.2. Ο όρος Ήπια Κυκλοφορία.....	1
1.2.1. Ο σκοπός των τεχνικών Ήπιας Κυκλοφορίας.....	2
1.2.2. Τεχνικές ήπιας κυκλοφορίας.....	3

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΔΕΥΤΕΡΟ

2. ΣΑΜΑΡΑΚΙΑ	5
2.1. Ορισμός – Γενικά.....	5
2.2. Χρήση σαμαρακίων.....	6
2.3. Πλεονεκτήματα.....	7
2.4. Μειονεκτήματα.....	8
2.5. Η ελληνική νομοθεσία.....	9
2.5.1. Περιοχές εφαρμογής.....	10
2.5.2. Γεωμετρικά χαρακτηριστικά.....	11
2.5.3. Υλικά και τρόπος κατασκευής.....	12
2.5.4. Θέσεις εφαρμογής.....	12
2.6. Η διεθνής νομοθεσία.....	13

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΡΙΤΟ

3. Ο ΘΟΡΥΒΟΣ ΚΑΙ ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΤΗΣ ΗΧΟΡΥΠΑΝΣΗΣ.....	15
3.1. Γενικά περί θορύβου.....	15
3.2. Παράγοντες που επηρεάζουν τον οδικό κυκλοφοριακό θόρυβο.....	17

3.3. Οι επιπτώσεις του θορύβου.....	18
3.4. Μέτρα προστασίας του περιβάλλοντος από τον οδικό κυκλοφοριακό θόρυβο.....	18
3.5. Σχετική νομοθεσία – Επιτρεπόμενα όρια θορύβου.....	19
3.6. Θόρυβος και σαμαράκια.....	20
3.6.1. Η ευρωπαϊκή εμπειρία.....	21

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΤΕΤΑΡΤΟ

4. ΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ.....	27
4.1. Σκοπός του πειράματος.....	27
4.2. Η διάταξη του πειράματος.....	27
4.3. Περιγραφή της διαδικασίας.....	30
4.4. Αναλυτική περιγραφή του εξοπλισμού.....	31
4.4.1. Το σύστημα Harmonie.....	31
4.4.2. Τα μικρόφωνα.....	33
4.4.3. Το πακέτο λογισμικού dBtrait 32.....	35

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΠΕΜΠΤΟ

5. ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ.....	38
5.1. Συγκέντρωση αποτελεσμάτων.....	38
5.2. Γραφική παρουσίαση αποτελεσμάτων.....	50

ΚΕΦΑΛΑΙΟ ΕΚΤΟ

6. ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	87
6.1. Σχολιασμός διαγραμμάτων.....	87
6.2. Τελικά συμπεράσματα.....	89

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Α. Γραφική παρουσίαση των μέσων όρων των τιμών αιχμής θορύβου που μετρήθηκαν κατά τις διελύσεις I.X. και S.U.V. ανά ταχύτητα.....σελ. Π1 – Π6

Β. Γραφική παρουσίαση των μέσων όρων των τιμών αιχμής θορύβου που μετρήθηκαν κατά τις διελύσεις I.X. και S.U.V. ανά μικρόφωνο.....σελ. Π7 - Π10

Γ. Γραφική παρουσίαση της αύξησης θορύβου λόγω διέλευσης I.X. και S.U.V. από τις διατάξεις 1 και 2.....σελ. Π11 – Π12

Δ. Γραφική παρουσίαση των μέσων όρων των τιμών θορύβου σε απόσταση 15m κατά τη διέλευση I.X. και S.U.V. ανά ταχύτητα.....σελ. Π13

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. Γενικά

Τις τελευταίες δεκαετίες, η σημαντική αύξηση της κυκλοφορίας των αυτοκινήτων έχει δημιουργήσει πλήθος οικολογικών, κυρίως, προβλημάτων. Συνέπειές της είναι η υποβάθμιση της ποιότητας ζωής των κατοίκων στις πόλεις, της ποιότητας του φυσικού περιβάλλοντος, αλλά ακόμη και η αισθητή μείωση της οδικής ασφάλειας με αποτέλεσμα ο θάνατος ή ο τραυματισμός πολλών χρηστών των δρόμων να είναι καθημερινό φαινόμενο.

Έχει αποδειχθεί ότι, μεταξύ άλλων, η ηχορύπανση που προκαλούν τα μηχανοκίνητα μέσα επηρεάζει αρνητικά την υγεία του ανθρώπου. Κατά συνέπεια τα επίπεδα εκπομπής θορύβου απ' όλες τις ανθρώπινες δραστηριότητες πρέπει να περιοριστούν όσο το δυνατόν περισσότερο. Ο χώρος που βρίσκεται κοντά στον τόπο διαμονής του ανθρώπου, δεν πρέπει να επηρεάζεται από την κυκλοφορία γιατί έτσι υποβαθμίζεται η ποιότητα ζωής.

Ο όγκος της κυκλοφορίας, η ταχύτητα και η οδική συμπεριφορά των οδηγών, πρέπει να ελεγχθούν με στόχο την ήπια κυκλοφορία στις αστικές περιοχές, ώστε να γίνει δυνατή η βελτίωση του επιπέδου ασφαλείας, η προστασία του περιβάλλοντος και η μείωση του θορύβου, παράγοντες δηλαδή που εξασφαλίζουν υψηλό βιοτικό επίπεδο.

Για το σκοπό αυτό έχουν αναπτυχθεί διάφορες τεχνικές, η συνηθέστερη εκ των οποίων είναι η τοποθέτηση εγκάρσιων υπερυψωμένων λωρίδων επί του οδοστρώματος, γνωστότερων και ως 'σαμαράκια'. Αμέσως μετά ακολουθεί μία σύντομη αναφορά στις σημαντικότερες από αυτές τις τεχνικές, οι οποίες χρησιμοποιούνται ευρέως με στόχο την ήπια κυκλοφορία. Ωστόσο η επιστημονική έρευνα πρέπει να προσανατολιστεί προς την προσπάθεια συνεχούς βελτίωσης των τεχνικών αυτών, την επισήμανση των μειονεκτημάτων τους και τη διόρθωσή τους.

1.2. Ο όρος Ήπια Κυκλοφορία

Με τον όρο ήπια κυκλοφορία έχει μεταφραστεί στα ελληνικά η αγγλική έκφραση *traffic calming*. Ο όρος αυτός συχνά περιγράφεται ως ο συνδυασμός φυσικών μέσων

που μειώνουν τις αρνητικές επιπτώσεις της μηχανοκίνητης κυκλοφορίας και βελτιώνουν τις συνθήκες κυκλοφορίας για τους ποδηλάτες και τους πεζούς.

Ωστόσο, ο όρος ήπια κυκλοφορία περιγράφει επίσης και έναν αριθμό συγκοινωνιακών τεχνικών, ανεπτυγμένων για να εκπαιδεύουν το κοινό και να το ευαισθητοποιούν στο θέμα της μη ασφαλούς οδήγησης.

Οι τεχνικές ήπιας κυκλοφορίας συχνά διαφέρουν, ενώ η αστυνομική επιτήρηση και η εκπαίδευση των οδηγών εμφανίζονται σε πολύ λίγες περιοχές. Αλλού, σημαίνει την αποκλειστική χρήση υβώσεων (σαμαράκια), ενώ σε άλλες περιοχές την πιθανή χρήση μίας από ένα ευρύ φάσμα τεχνικών και μέσων.

1.2.1. Ο σκοπός των τεχνικών Ήπιας Κυκλοφορίας

Σκοπός των τεχνικών ήπιας κυκλοφορίας, είναι η προσαρμογή των οδών στην πρωταρχική λειτουργία τους που είναι η εξυπηρέτηση των πεζών. Ειδικότερα οι στόχοι αυτοί συνοψίζονται στα παρακάτω:

- Παρεμπόδιση των οχημάτων από το να χρησιμοποιούν ακατάλληλες διαδρομές.
- Βελτίωση της ασφάλειας της οδού για τους πλέον ευάλωτους χρήστες, όπως παιδιά, ηλικιωμένοι, άτομα με ειδικές ανάγκες και ποδηλάτες.
- Μείωση του αριθμού και της σοβαρότητας των ατυχημάτων.
- Μείωση του θορύβου και της ατμοσφαιρικής ρύπανσης
- Εξοικονόμηση χώρου για δραστηριότητες που δεν σχετίζονται με την κυκλοφορία, όπως κίνηση και στάση πεζών, παιδικό παιχνίδι.
- Εξωραϊσμός του δρόμου με πιθανές θετικές επιπτώσεις στις τοπικές πολιτιστικές και οικονομικές δραστηριότητες
- Παροχή περισσότερου πρασίνου με συστηματική δενδροφύτευση.
- Ενθάρρυνση οικολογικά επιθυμητών μέσων κυκλοφορίας όπως το ποδήλατο.

1.2.2. Τεχνικές Ήπιας Κυκλοφορίας

Οι τεχνικές ήπιας κυκλοφορίας χωρίζονται στις τεχνικές ελέγχου του κυκλοφοριακού φόρτου και στις τεχνικές ελέγχου της ταχύτητας.

Συγκεκριμένα, οι τεχνικές ελέγχου του κυκλοφοριακού φόρτου συμπεριλαμβάνουν:

- Αποκλεισμούς (closures). Πλήρεις αποκλεισμοί οδών για τα μηχανοκίνητα μέσα.
- Μερικούς Αποκλεισμούς (half closures).
- Μεσαίες Νησίδες (median barriers). Υπερυψωμένες νησίδες κατά μήκος του νοητού άξονα του δρόμου που συνεχίζουν εντός των διασταυρώσεων ώστε να μπλοκάρουν συγκεκριμένες κινήσεις.
- Νησίδες εκτροπής της κίνησης (forced turn islands). Υπερυψωμένες νησίδες τοποθετημένες σε προσεγγίσεις διασταυρώσεων.

Οι τεχνικές Ελέγχου της ταχύτητας συμπεριλαμβάνουν:

- Παρεμβολές μικρών εμποδίων στο οδόστρωμα όπως σαμαράκια (speed humps), σαμαράκια μικρότερου μήκους (speed bumps), σαμαράκια επίπεδα στη μέση τους (speed tables), και μαξιλάρια (speed cushions).
- Υπερυψωμένες Διασταυρώσεις (raised intersections)
- Υπερυψωμένες Διαβάσεις (raised crosswalks)
- Κυκλικές Νησίδες (traffic circles)
- Κυκλικοί Κόμβοι μεγαλύτερου φόρτου (roundabouts)
- Δρόμοι μορφής S (chicanes).
- Άλλης υφής οδοστρώματα (ured pavements)
- Προεξοχές Πεζοδρομίου (chokers, curb extensions, neckdowns)
- Νησίδες που προκαλούν εκτροπή (deflector islands)
- Λωρίδες Ποδηλάτων (bike lanes)

Η πλέον συνηθισμένη τεχνική ήπιας κυκλοφορίας, ειδικά στην Ελλάδα, είναι η τοποθέτηση σαμαρακίων. Ο κυριότερος λόγος για την ευρεία χρησιμοποίησή τους

είναι το γεγονός ότι αποτελούν σχετικά οικονομική και εύκολα εφαρμόσιμη λύση, ειδικά όταν πρόκειται για σαμαράκια από ασφαλτομίγματα. Ωστόσο, εκφράζονται αμφιβολίες και αντιρρήσεις σχετικά με την αποτελεσματικότητά τους, ενώ, όπως θα παρουσιασθεί εκτενέστερα και στη συνέχεια, η χρήση τους, εκτός από τα οφέλη στα οποία αποσκοπεί, μπορεί να θεωρηθεί υπεύθυνη και για μία σειρά προβλημάτων.



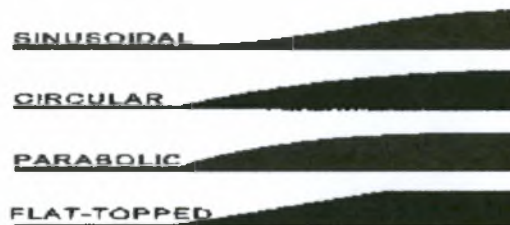
Εικ. 1.1. Σαμαράκι από ασφαλτόμιγμα

2. ΣΑΜΑΡΑΚΙΑ

2.1. Ορισμός - Γενικά

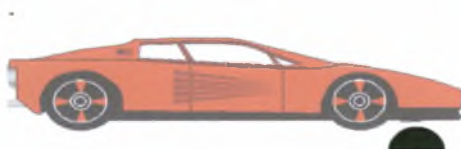
Τα σαμαράκια είναι μικρού μήκους εγκάρσιες υπερυψωμένες λωρίδες, κατασκευασμένες συνήθως από πλαστικά ή ελαστικά υλικά, είτε ασφαλτομίγματα, οι οποίες χρησιμοποιούνται για την επίτευξη της μείωσης της ταχύτητας των οχημάτων προκειμένου να βελτιωθεί το επίπεδο οδικής ασφάλειας και ποιότητας ζωής για τους υπόλοιπους, πλην των οχημάτων, χρήστες της οδού.

Το προφίλ τους μπορεί να είναι κυκλικό, παραβολικό, τραπεζοειδές, ημιτονοειδές, ή σε σπανιότερες περιπτώσεις τριγωνικό. Τις περισσότερες φορές είναι χρωματισμένα ώστε να μπορούν να γίνονται πιο εύκολα αντιληπτά από τους οδηγούς, ενώ κανονικά η τοποθέτησή τους συνοδεύεται και από την τοποθέτηση ειδικής προειδοποιητικής σήμανσης και στις δύο κατευθύνσεις του δρόμου.



Εικ. 2.1. Τέσσερις διαφορετικοί τύποι ανύψωσης

Αναλόγως του μεγέθους τους ταξινομούνται σε speed humps και speed bumps. Τα speed humps έχουν μεγαλύτερο μήκος (κατά τον άξονα της οδού) σε σύγκριση με τα speed bumps. Το μήκος τους συνήθως κυμαίνεται από 3,6 έως 4,3 μέτρα περίπου (12-14 πόδια) και το ύψος τους από 5 έως 10 περίπου εκατοστά (2-4 ίντσες). Τα speed bumps είναι μικρότερου μήκους, συγκεκριμένα της τάξεως των 30 έως 90 εκατοστών (1-3 πόδια), ενώ το ύψος τους μπορεί να κυμαίνεται από 5 έως 15 περίπου εκατοστά (2-6 ίντσες).



Εικ. 2.2.α. Speed Bump



Εικ. 2.2.β. Speed Hump

Αξίζει να γίνει αναφορά και σε άλλες διατάξεις παρόμοιες με τα speed humps και speed bumps, όπως:

- Τα speed tables που είναι μακριά από τα humps (μήκος της τάξεως των 6,5 με 7 μέτρων) και έχουν παραβολικό σχήμα στις άκρες τους και ένα επίπεδο τμήμα στη μέση.
- Τα raised crosswalks που αποτελούν ολόκληρες διαβάσεις πεζών που έχουν μετατραπεί σε σαμαράκια.
- Τα raised intersections που είναι διασταυρώσεις, ολόκληρο το επίπεδο των οποίων έχει ανυψωθεί.

2.2. Χρήση σαμαρακίων

Ο πρωταρχικός σκοπός της χρησιμοποίησης σαμαρακίων speed humps και speed bumps είναι η εξασφάλιση της προστασίας του περιβάλλοντος, της ποιότητας ζωής, της ησυχίας και της ασφάλειας της περιοχής στις οποίες τις οδούς αυτά τοποθετούνται, μέσω της επιδιωκόμενης μείωσης του κυκλοφοριακού φόρτου και των ταχυτήτων των οχημάτων που τις χρησιμοποιούν.

Συνήθως, σαμαράκια χρησιμοποιούνται σε τοπικούς δρόμους οι οποίοι κυρίως παρέχουν πρόσβαση στις χρήσεις γης και προβλέπεται να εξυπηρετούν όχι πολύ μεγάλο αριθμό οχημάτων με σχετικά μικρές ταχύτητες κίνησης. Μπορεί ακόμη να τοποθετηθούν υπό προϋποθέσεις, και κανονικά κατόπιν σχετικής μελέτης, και σε δρόμους – συλλέκτες, δρόμους δηλαδή που συνδέουν τις κεντρικές οδικές αρτηρίες με το τοπικό οδικό δίκτυο. Τα κριτήρια που πρέπει να εξετασθούν για να ληφθεί η απόφαση τοποθέτησης σαμαρακίων αφορούν σε γενικές γραμμές το μέσο όρο αριθμού οχημάτων που χρησιμοποιούν το δρόμο καθημερινά, την ταχύτητα με την οποία αυτά κινούνται και τις χρήσεις γης, για παράδειγμα τον αριθμό κατοικιών, πάρκων και σχολείων που βλέπουν στο δρόμο.

2.3. Πλεονεκτήματα

- Τα σαμαράκια, όταν σχεδιάζονται και τοποθετούνται σωστά και σύμφωνα με τις προδιαγραφές, μπορούν να αποτελέσουν ένα σημαντικό εργαλείο μείωσης των ταχυτήτων. Βοηθούν έτσι αποτελεσματικά στον περιορισμό των ορίων ταχύτητας σε κατοικημένες περιοχές. Αναφέρεται ενδεικτικά ότι για τυπικές ταχύτητες σε κατοικημένες περιοχές, τα σαμαράκια μπορούν να αναγκάσουν τον οδηγό να μειώσει ταχύτητα μέχρι και 20 km/h πριν από κάθε διέλευση πάνω από αυτά.
- Συχνά συμβάλλουν σε μείωση του κυκλοφοριακού φόρτου στις οδούς στις οποίες τοποθετούνται. Ο βαθμός της μείωσης εξαρτάται από παράγοντες όπως ο αριθμός και οι αποστάσεις των σαμαρακίων, ο βαθμός μείωσης της ταχύτητας που αυτά προκαλούν και η διαθεσιμότητα εναλλακτικών διαδρομών. Ένα μέρος δηλαδή των οχημάτων επιλέγει να χρησιμοποιήσει παράλληλες οδούς αποσυμφορίζοντας έτσι τους δρόμους στους οποίους έχουν εγκατασταθεί τα σαμαράκια.
- Λόγω της μείωσης της ταχύτητας και του φόρτου μπορούν να συμβάλλουν στην αύξηση του επιπέδου ασφαλείας μειώνοντας τον αριθμό και τη σοβαρότητα των ατυχημάτων στις περιοχές στις οποίες εγκαθίστανται. Ακόμη, με την κατάλληλη χρησιμοποίησή τους πριν από διασταυρώσεις μπορούν να προκαλέσουν μείωση των συγκρούσεων.
- Εμποδίζουν τα φορτηγά και τα λοιπά βαρέα οχήματα να χρησιμοποιούν δρόμους που ανήκουν σε κατοικημένες περιοχές.
- Λόγω της μείωσης που προκαλούν τόσο στις ταχύτητες κίνησης των οχημάτων όσο και στον κυκλοφοριακό φόρτο, αυξάνουν την κίνηση των πεζών στους δρόμους, γεγονός που μπορεί να έχει θετικές οικονομικές και πολιτιστικές επιπτώσεις και συνεπάγεται βελτίωση της ποιότητας ζωής.
- Είναι οικονομικά σε σχέση με άλλα μέσα traffic calming και η τοποθέτησή τους ή η αφαίρεσή τους είναι σχετικά εύκολη.
- Εμφανίζουν το συγκριτικό πλεονέκτημα σε σχέση με αρκετά από τα υπόλοιπα μέσα traffic calming ότι δεν εμποδίζουν τη στάθμευση

2.4. Μειονεκτήματα

- Λόγω της ύπαρξης σαμαρακίων πολλές φορές ορισμένοι οδηγοί αυξάνουν την ταχύτητα στο τμήμα που βρίσκεται ανάμεσά τους, με αποτέλεσμα να μη δημιουργείται ιδιαίτερη μείωση στη μέση ταχύτητα.
- Αυτή η επανειλημμένη αύξηση και μείωση της ταχύτητας έχει ως αποτέλεσμα να εκλύονται τοξικά αέρια στην ατμόσφαιρα. Σύμφωνα με μια έρευνα που έγινε στην Αυστρία, τα αυτοκίνητα όταν κινούνται υπό αυτές τις συνθήκες, εκπέμπουν περίπου 10 φορές περισσότερο νιτρικό οξύ, 3 φορές περισσότερο μονοξείδιο του άνθρακα και 25% περισσότερο διοξείδιο του άνθρακα από ότι θα εξέπεμπαν αν διατηρούσαν σταθερή ταχύτητα.
- Αυξάνουν την κατανάλωση καυσίμων με αποτέλεσμα να παράγονται πρόσθετα οξείδια του αζώτου. Σύμφωνα με την ίδια έρευνα, η κατανάλωση καυσίμων αυξάνεται περίπου κατά 25%.
- Αν και μπορούν να μειώσουν τη ταχύτητα, εκφράζονται αμφιβολίες για το αν τελικά μειώνουν τον αριθμό των ατυχημάτων.
- Μπορούν να προκαλέσουν στους οδηγούς, ιδιαίτερα των δικύκλων, απώλεια του ελέγχου του οχήματος. Τα δίκυκλα οχήματα είναι πιο εύκολο να χάσουν την ισορροπία τους και η ανάκτηση της ισορροπίας του οχήματος κατά τη διέλευση πάνω από σαμαράκι είναι δύσκολη.
- Καθιστούν την οδήγηση άβολη και μειώνουν το επίπεδο άνεσης των μετακινήσεων. Μπορούν να προκαλέσουν τραντάγματα σε φορτίο και επιβάτες ενώ δημιουργούν ιδιαίτερα προβλήματα και πόνο σε ανθρώπους με μυοσκελετικές παθήσεις.
- Εμποδίζουν τη γρήγορη κίνηση των οχημάτων έκτακτης ανάγκης, όπως νοσοκομειακά, πυροσβεστικά και αστυνομικά οχήματα. Οι καθυστερήσεις αυτές μπορεί να είναι μοιραίες.
- Δημιουργούν προβλήματα στον εκχιονισμό των οδών.
- Προκαλούν φθορές στις αναρτήσεις και τα φρένα των οχημάτων, καθώς και ζημιές στο σασί, ιδιαίτερα στα χαμηλά αυτοκίνητα. Εκτός του ότι σε περίπτωση που ο οδηγός αργήσει να αντιληφθεί την ύπαρξή τους δημιουργούν σημαντικές ζημιές στο κάτω μέρος του οχήματος, μπορούν και να

προκαλέσουν φθορές με το χρόνο καθώς υπάρχει αθροιστικό αποτέλεσμα της οδήγησης σε δρόμους με σαμαράκια.

- Έχουν αμφισβητήσιμη αισθητική.
- Όπως προαναφέρθηκε, ένα αποτέλεσμα της χρήσης σαμαρακίων είναι η διοχέτευση της κυκλοφορίας μέσω εναλλακτικών διαδρομών. Έτσι, όταν τοποθετούνται σαμαράκια σε μία οδό, έχουμε κατά κανόνα αύξηση της κυκλοφορίας στις παράλληλες οδούς, με αποτέλεσμα αφ' ενός να αυξάνεται το μήκος της συνολικής διαδρομής και αφ' ετέρου να επιλέγονται πολλές φορές πιο ακατάλληλες διαδρομές. Αυξάνονται έτσι τόσο τα οχηματοχιλιόμετρα άρα και η κατανάλωση καυσίμων, όσο και οι πιθανότητες ατυχημάτων.
- Δημιουργούν μείωση της κυκλοφοριακής ικανότητας της οδού. Για το λόγο αυτόν δεν πρέπει ποτέ να χρησιμοποιούνται σε δρόμους στους οποίους εμφανίζονται υψηλοί φόρτοι.
- Πολλές φορές δημιουργούν την αντίδραση των περιοίκων. Αξίζει να σημειωθεί ότι υπάρχουν οργανώσεις πολιτών οι οποίες επιδιώκουν την κατάργησή τους. Ειδικά στις Η.Π.Α. υπάρχει μεγάλος αριθμός τέτοιων οργανώσεων που εμφανίζουν έντονη δραστηριότητα.
- Λόγω των αλληπάλληλων επιβραδύνσεων και επιταχύνσεων που συχνά πραγματοποιούν τα οχήματα σε οδούς με σαμαράκια, καθώς και λόγω των κραδασμών που δημιουργούνται κατά τη διέλευση των οχημάτων πάνω από αυτά, μπορεί τα σαμαράκια να συντελέσουν στην αύξηση των επιπέδων θορύβου και στην εμφάνιση εξαιρετικά υψηλών μέγιστων τιμών θορύβου στην περιοχή εφαρμογής τους. Φυσικά, ο παραγόμενος θόρυβος εξαρτάται άμεσα από την ταχύτητα κίνησης των οχημάτων καθώς και από τη γενικότερη οδική συμπεριφορά των χρηστών της οδού.

2.5. Η ελληνική νομοθεσία

Το Υπουργείο Περιβάλλοντος Χωροταξίας και Δημοσίων Έργων και πιο συγκεκριμένα η Διεύθυνση Μελετών Έργων Οδοποιίας και το Τμήμα Μελετών Κυκλοφορίας, έχουν θεσπίσει την υπ' αριθμόν 690/92 τεχνική προδιαγραφή για

“Εγκάρσιες υπερυψωμένες λωρίδες οδοστρώματος για την μείωση της ταχύτητας των οχημάτων”, με την οποία καθορίζουν:

- Τις περιοχές εφαρμογής (τύπος οδού, κυκλοφοριακός φόρτος, σύνθεση κυκλοφορίας)
- Τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά (μήκος και ύψος, σχήμα κ.λπ.)
- Τα υλικά και τον τρόπο κατασκευής
- Τις θέσεις εφαρμογής (αποστάσεις μεταξύ των σαμαρακίων, αποστάσεις από την αρχή του οικοδομικού τετραγώνου κ.λπ.)

2.5.1. Περιοχές εφαρμογής

Τα σαμαράκια μπορούν να εφαρμόζονται σε ειδικές περιπτώσεις αστικών οδών, που εξυπηρετούν αποκλειστικά τοπική και όχι διαμπερή κυκλοφορία οχημάτων, σε συνδυασμό με έντονη μετακίνηση πεζών.

Δεν επιτρέπεται η χρησιμοποίησή τους στο εθνικό-υπεραστικό οδικό δίκτυο, αρτηρίες, λεωφόρους, οδούς που εξασφαλίζουν διαμπερείς μετακινήσεις, λόγω σοβαρών δυσμενών επιπτώσεων στα οχήματα και στους οδηγούς, ιδιαίτερα των διτροχών.

Πριν την εξέταση της δυνατότητας χρησιμοποίησης σαμαρακίων, θα πρέπει να έχουν αποκλεισθεί με σχετική μελέτη οδικής ασφάλειας όλοι οι άλλοι τρόποι ανάσχεσης της ταχύτητας, που έχουν προαναφερθεί σε προηγούμενο κεφάλαιο της εργασίας.

Πιο συγκεκριμένα, για να είναι δυνατή η τοποθέτηση σαμαρακίων σε μία οδό, αυτή θα πρέπει να πληροί τις εξής παρακάτω προϋποθέσεις:

- Να εξυπηρετεί αποκλειστικά τοπική και όχι διαμπερή κυκλοφορία
- Να μην δέχεται συχνή κυκλοφορία φορτηγών, λεωφορείων, οχημάτων που εξυπηρετούν μονάδες άμεσης επέμβασης (νοσοκομειακά, πυροσβεστικά, κ.λπ.)
- Να εμφανίζει κυκλοφοριακό φόρτο μικρότερο από 30 οχήματα/ώρα
- Να μπορεί να δεχτεί εφαρμογή ανώτατου ορίου ταχύτητας κίνησης των οχημάτων 30 χλμ/ώρα χωρίς να δημιουργείται κυκλοφοριακό πρόβλημα.

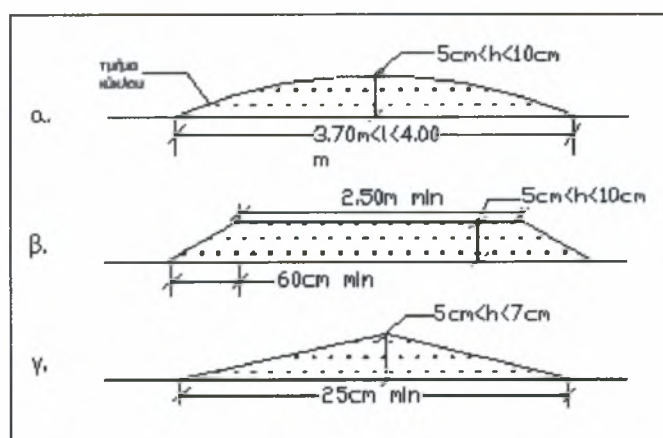
Σε όσες περιπτώσεις εφαρμοσθούν σαμαράκια, θα πρέπει οι οδοί στις οποίες τοποθετούνται να εντάσσονται μέσα σε μια ευρύτερη περιοχή γειτονιάς, που θα κυκλοφορούν κυρίως πεζοί (πλατείες, πάρκα, εκκλησίες, σχολεία κ.λπ.)

2.5.2. Γεωμετρικά χαρακτηριστικά

Η σχετική προδιαγραφή καθορίζει πως μπορούν να χρησιμοποιηθούν τρεις τύποι εγκάρσιων υπερυψωμένων λωρίδων οδοστρωμάτων:

1. Ο 'κυκλικός' τύπος με 3,70 έως 4,00 μέτρα μήκος και 5 έως 10 εκατοστά ύψος (σχ.2.3.α.)
2. Ο 'τραπεζοειδής' τύπος με 3,70 μέτρα ελάχιστο μήκος μεγάλης βάσεως και 2,50 μέτρα μήκος μικρής βάσεως και 5 έως 10 εκατοστά ύψος (σχ.2.3.β.)
3. Ο 'τριγωνικός' τύπος (με στρογγυλεμένη κορυφή) με ελάχιστο μήκος 0,25 μέτρα και ύψος μέχρι 0,05 μέχρι 0,07 μέτρα και μέγιστη κλίση 1:2,25 (σχ.2.3.γ.)

Οι τρεις αυτοί τύποι, όπως ορίζονται από τις προδιαγραφές του υπουργείου παρουσιάζονται στο σχήμα που ακολουθεί σε κατά μήκος τομή.



Εικ. 2.3. Κατά μήκος τομές κυκλικού (α), τραπεζοειδούς (β) και τριγωνικού (γ) τύπου

2.5.3. Υλικά και τρόπος κατασκευής

Για την κατασκευή των σαμαρακίων μπορεί να χρησιμοποιηθεί ασφαλτόμιγμα, σκυρόδεμα ή προκατασκευασμένα στοιχεία από σκυρόδεμα (κυβόλιθοι), πλαστικό υλικό (πολυουρεθάνη), ή ελαστικό υλικό.

Από τα υλικά αυτά το ευκολότερο εφαρμοζόμενο είναι το θερμό ασφαλτόμιγμα, όπως αυτό που χρησιμοποιείται στις στρώσεις κυκλοφορίας των οδών. Μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί και συνδυασμός των παραπάνω υλικών, όπως πλαστικού και σκυροδέματος ή πλαστικού και κυβολίθων.

Σε όλες τις περιπτώσεις θα πρέπει να εξασφαλιστεί η επαρκής θεμελίωση, πρόσφυση ή στερέωση του υλικού του σαμαριού στο υπάρχον οδόστρωμα, είτε με την προεργασία της επιφάνειας (απόθεση, εκσκαφή κ.λπ.), είτε με τη χρήση του κατάλληλου συγκολλητικού (ασφαλτική επάλειψη), είτε με τη χρήση του ελάχιστου απαιτούμενου αριθμού κοχλίων (3 κοχλίες ανά τρέχον μέτρο τουλάχιστον).

2.5.4. Θέσεις εφαρμογής

Τα σαμαράκια, αλλά και οι δρόμοι πάνω στους οποίους αυτά τοποθετούνται, πρέπει να πληρούν τις παρακάτω προϋποθέσεις:

- Το μήκος της οδού μειωμένης ταχύτητας (30χλμ/ώρα) θα πρέπει να είναι τουλάχιστον 100 μέτρα και η κατά μήκος κλίση σε ανωφέρεια, μικρότερη από 4%
- Να απέχουν τα σαμαράκια μεταξύ τους από 40 έως 100 μέτρα
- Να τοποθετούνται σε απόσταση τουλάχιστον:

- I. 20 μέτρων από την αρχή καμπύλης σε οριζοντιογραφία
- II. 20 μέτρων από διασταυρώσεις με δρόμο της ίδιας κατηγορίας
- III. 25 μέτρων από διασταυρώσεις με σημαντικότερη οδό
- IV. 20 μέτρων από γραμμές τραίνου
- V. 40 μέτρων πριν το τέλος αδιεξόδου

- Ειδική μέριμνα πρέπει να λαμβάνεται στην τοποθέτηση του πρώτου σαμαρακίου, ώστε η ταχύτητα προσέγγισης να είναι ήδη μειωμένη, όπως παραδείγματος χάριν, στη συνέχεια εξόδου από καμπύλη και σε θέση ορατή από πλευράς μηκοτομής της ερυθράς
- Η τοποθέτηση σαμαρακίων πρέπει να επισημαίνεται με σαφήνεια, ώστε να γίνεται έγκαιρα αντιληπτή η ύπαρξή τους από τους οδηγούς, τόσο κατά την ημέρα (με χρωματισμό κρασπέδων, με πινακίδες αναγγελίας κινδύνου, και ρυθμιστικές), όσο και κατά τη νύχτα (ηλεκτροφωτισμός, αντανakλαστικά στοιχεία κ.λπ.)

2.6. Η διεθνής νομοθεσία

Τα σαμαράκια ως μέτρο ανάσχεσης της ταχύτητας είναι ευρέως διαδεδομένο στις Η.Π.Α αλλά και στην υπόλοιπη Ευρώπη. Επειδή η τοποθέτηση των σαμαρακίων ενδεχομένως να δημιουργήσει αντιδράσεις από τους οδηγούς αλλά και από τους περιοίκους καθώς και να επιβαρύνει σημαντικά το περιβάλλον, η διεθνής νομοθεσία έχει θέσει περιορισμούς στην τοποθέτησή τους.

Έτσι π.χ. στην Αγγλία και στην Ουαλία που έχουν κοινή αντιμετώπιση για το ζήτημα, η νομοθεσία είναι ελλιπής όσον αφορά τους περιορισμούς στους μέγιστους φόρτους της οδού και τις διάφορες στατιστικές παραμέτρους της ταχύτητας (όπως συμβαίνει και στην ελληνική νομοθεσία). Ωστόσο καθορίζονται λεπτομερώς τόσο οι διαστάσεις των στοιχείων αλλά και η σήμανση και οι ελάχιστες απαιτήσεις σε ηλεκτροφωτισμό καθώς και οι ελάχιστες αποστάσεις των στοιχείων από διάφορες κατασκευές και διατάξεις όπως γέφυρες, γραμμές τρενών κ.λπ. Έτσι, το ελάχιστο όριο ταχύτητας ορίζεται σε 20 μίλια/ώρα (περίπου 32 χλμ/ώρα), ενώ το μέγιστο μήκος του στοιχείου (παράλληλα στον άξονα του δρόμου) στα 90 εκατοστά και το ύψος του στα 10 εκατοστά. Εδώ πρέπει να αναφερθεί ότι η εν προκειμένω νομοθεσία δεν καθορίζει τα επιτρεπόμενα προφίλ σαμαρακίων αφήνοντας έτσι περιθώρια για σημαντικές παραλείψεις.

Στις Η.Π.Α, η νομοθεσία πέρα από το ότι δεν είναι ίδια για όλη την κοινοπολιτεία, δεν είναι καν ίδια για την κάθε πολιτεία ξεχωριστά. Κάθε επαρχία φαίνεται να έχει το δικαίωμα να θεσπίσει δικούς της κανονισμούς τόσο για τους περιορισμούς στην τοποθέτηση, όσο και για τα μεγέθη που αφορούν τα ίδια τα στοιχεία. Βέβαια

πρέπει να αναφερθεί ότι οι αποκλίσεις των διαφόρων κανονισμών που μελετήθηκαν ήταν μικρές στα περισσότερα από τα πεδία και έτσι έγινε δυνατή η από συνόλου παρουσίαση της αμερικανικής νομοθεσίας.

Πέρα από το γεγονός ότι η αμερικανική νομοθεσία είναι λεπτομερέστατη, φαίνεται να δίνει σημαντικό βάρος στην συναίνεση των περιοίκων που θίγονται από την επιβολή του μέτρου. Ορίζεται λοιπόν, πως το λιγότερο ένα ποσοστό της τάξεως του 60% κατά μέσον όρο των περιοίκων, συμφωνεί με την τοποθέτηση των σαμαρακίων. Εδώ πρέπει να τονιστεί η έλλειψη παρόμοιας παραμέτρου από την ελληνική νομοθεσία όπου η τοποθέτηση όσο και η απομάκρυνση των σαμαρακίων εμπίπτει αποκλειστικά στην δικαιοδοσία της αρμόδιας υπηρεσίας.

Άλλες παράμετροι είναι το μέγιστο πλάτος του δρόμου που ορίζεται στα 40 πόδια (12 μέτρα περίπου), η μέγιστη κλίση του δρόμου 5%, το ενδεχόμενο να χρειαστεί η απομάκρυνση χιονιού από το δρόμο, ελάχιστο όριο ταχύτητας του δρόμου τα 30 μίλια/ώρα (48 χλμ/ώρα) καθώς και περιορισμοί στον φόρτο των δρόμων, που δεν πρέπει να υπερβαίνουν τα 3000 οχήματα/μέρα κατά μέσο όρο.

Σημαντική επίσης διαφορά με την ελληνική νομοθεσία, αποτελεί το γεγονός ότι η αμερικανική θέτει ως περιορισμό και την μελέτη της U_{85} , η οποία ορίζεται ότι πρέπει είτε να υπερβαίνει τα 35 μίλια/ώρα, είτε να είναι κατά 7-10 μίλια/ώρα μεγαλύτερη από το κατά τόπους όριο ταχύτητας.

3. Ο ΘΟΡΥΒΟΣ ΚΑΙ ΤΟ ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΤΗΣ ΗΧΟΡΥΠΑΝΣΗΣ

3.1. Γενικά περί θορύβου – οδικός κυκλοφοριακός θόρυβος

Θόρυβος είναι ο κάθε ανεπιθύμητος για τον αποδέκτη ήχος. Ανεπιθύμητοι είναι συνήθως δυνατοί, δυσάρεστοι και απρόβλεπτοι ήχοι. Με βάση αυτόν τον ορισμό, μπορεί να λεχθεί ότι θόρυβος είναι ο ήχος ο οποίος παρεμποδίζει κάποια δραστηριότητα της καθημερινής ζωής του ανθρώπου όπως είναι η εργασία ή η ανάπαυση.

Ο θόρυβος έχει αυξηθεί σημαντικά στις μέρες μας, ειδικά στις πυκνοκατοικημένες περιοχές. Έρευνες έδειξαν ότι οι μισοί ευρωπαίοι πολίτες είναι εκτεθειμένοι σε υψηλές στάθμες αστικού θορύβου. Πάνω από το 30% των ευρωπαίων πολιτών είναι εκτεθειμένοι σε στάθμες περιβαλλοντικού θορύβου που προκαλούν ενόχληση, ενώ ένα ποσοστό της τάξεως του 5 – 15 % υποφέρει από ενοχλήσεις κατά τη διάρκεια του ύπνου. Το συνεχώς αυξανόμενο πρόβλημα της ηχορύπανσης είναι ζήτημα δημόσιας υγείας. Εμφανίζεται δε εντονότερο σε περιοχές οι οποίες βρίσκονται κοντά σε μεγάλες οδικές αρτηρίες όπου δημιουργούνται υψηλά επίπεδα θορύβου λόγω της αυξημένης κυκλοφορίας. Αποτελεί έναν από τους πλέον σοβαρούς λόγους υποβάθμισης του αστικού και φυσικού περιβάλλοντος διότι εκτός από την άμεση ενόχληση στον ανθρώπινο αλλά και σε ζωικούς οργανισμούς, δημιουργεί ενόχληση στην εργασιακή απόδοση, στην ξεκούραση, στην επικοινωνία και γενικά στη βίωση της πόλης και του φυσικού περιβάλλοντος.

Ο θόρυβος χαρακτηρίζεται από τη στάθμη της ηχητικής του πίεσης (σε dB) και από τις συχνότητές του (σε Hz). Αξίζει να σημειωθεί ότι ένας ήχος που μόλις ακούγεται έχει στάθμη ηχητικής πίεσης 20 dB, ενώ στο όριο του πόνου η στάθμη φτάνει περίπου τα 134 dB. Υπάρχουν διάφορες μέθοδοι προσομοίωσης του ανθρώπινου αυτιού που δίνουν λιγότερη έμφαση σε κάποιες συχνότητες και περισσότερη σε κάποιες άλλες. Για τον περιβαλλοντικό θόρυβο χρησιμοποιείται η κλίμακα A που δίνει έμφαση στις συχνότητες γύρω στα 2000 Hz και τότε ο θόρυβος που καταγράφεται εκφράζεται σε dB(A). Η κλίμακα dB(A) είναι λογαριθμική και όχι γραμμική. Έτσι, το άθροισμα δύο θορύβων ίδιου ακουστικού επιπέδου θα έχει σαν αποτέλεσμα μία αύξηση 3 dB(A).

Η πιο σημαντική παράμετρος για την περιγραφή του ήχου είναι το μέγεθος της ακουστικής πίεσης. Ο θόρυβος δεν είναι σταθερός ήχος, αλλά έχει μια ακανόνιστα κυμαινόμενη στάθμη ηχητικής πίεσης. Έτσι, για τη μέτρηση του θορύβου και την περιγραφή της ενόχλησης από αυτόν έχουν καθιερωθεί δείκτες που λαμβάνουν υπ' όψιν τους αυτό το γεγονός.

Η γενική μορφή δείκτη κυκλοφοριακού θορύβου L_n είναι η στάθμη η οποία υπερβαίνεται κατά το $n\%$ μίας ορισμένης χρονικής περιόδου. Έτσι, σε μία σειρά μετρήσεων κυκλοφοριακού θορύβου, είναι δυνατός ο υπολογισμός μίας μέσης τιμής, η οποία ονομάζεται μέση στάθμη ή στάθμη L_{50} και η οποία είναι η στάθμη που έχει ξεπεραστεί στο 50% της διάρκειας της μέτρησης. Αντίστοιχα μπορούν να δημιουργηθούν και άλλοι ποσοστομετρικοί δείκτες αξιολόγησης, όπως η μέση στάθμη κορυφής L_{10} , η στάθμη κορυφής L_1 και η μέση στάθμη θορύβου βάθους L_{90} ή L_{95} . Επίσης, ένας πολύ συχνά χρησιμοποιούμενος δείκτης αξιολόγησης θορύβου είναι η ισοδύναμη συνεχής στάθμη ήχου L_{eq} , που εκφράζει τη συνεχή εκείνη στάθμη θορύβου η οποία σε μία ορισμένη χρονική περίοδο έχει το ίδιο ενεργειακό περιεχόμενο με αυτό του πραγματικού θορύβου κατά την ίδια περίοδο. Η στάθμη L_{eq} η οποία χρησιμοποιείται από τους γαλλικούς κανονισμούς, καθώς επίσης και ο δείκτης $L_{10}(18\omega\rho)$ ο οποίος χρησιμοποιείται από τους βρετανικούς κανονισμούς και εκφράζει τη μέση αριθμητική τιμή των 18 ξεχωριστών ωριαίων τιμών του L_{10} , έχει αποδειχθεί ότι εκφράζουν ικανοποιητική συσχέτιση του κυκλοφοριακού θορύβου με την ενόχληση στο ανθρώπινο ακουστικό σύστημα.

Ο θόρυβος έχει μία πηγή από την οποία προέρχεται, μία διαδρομή διάδοσης και έναν αποδέκτη ο οποίος τον δέχεται και ενοχλείται. Ως σημαντικότερες πηγές δημιουργίας θορύβου θεωρούνται οι εξής:

- Η οδική κυκλοφορία
- Η σιδηροδρομική κυκλοφορία
- Η εναέρια κυκλοφορία
- Η βιομηχανική δραστηριότητα
- Άλλες δραστηριότητες (π.χ. κέντρα ψυχαγωγίας)

Ειδικά ο οδικός κυκλοφοριακός θόρυβος αποτελεί μείζον πρόβλημα στα μεγάλα αστικά κέντρα και την πλέον συνηθισμένη μορφή θορύβου που τείνει να ενοχλεί όλο

και περισσότερο τον πληθυσμό των πόλεων. Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι σε σχετική έρευνα που πραγματοποίησε ο Δήμος Ρόδου το 1992, το 76,6% των ερωτηθέντων θεώρησαν ότι τη σημαντικότερη πηγή θορύβου στην πόλη αποτελεί η οδική κυκλοφορία.

3.2. Παράγοντες που επηρεάζουν τον οδικό κυκλοφοριακό θόρυβο

Όπως αναφέρθηκε, ο οδικός κυκλοφοριακός θόρυβος αποτελεί την πλέον συνηθισμένη και ενοχλητική μορφή θορύβου στα αστικά κέντρα. Υπάρχει μία σειρά παραγόντων που επηρεάζουν τον θόρυβο και το μέγεθος της όχλησης που προκαλεί. Οι παράγοντες αυτοί αφορούν τα χαρακτηριστικά της μεμονωμένης πηγής (όχημα), του συνόλου των πηγών (κυκλοφοριακός φόρτος) και της διάδοσης του θορύβου από την πηγή στον δέκτη.

Όσον αφορά το όχημα, οι παράμετροι που επηρεάζουν τη στάθμη του θορύβου είναι η εξάτμιση, οι κραδασμοί της μηχανής, τα φρένα, οι κόρνες, ο θόρυβος από την αλληλεπίδραση τροχών – οδοστρώματος κ.α. Σύμφωνα με έρευνες, για ταχύτητες κίνησης ενός συνήθους αυτοκινήτου μέχρι 50 km/h, ο θόρυβος που υπερισχύει είναι αυτός της μηχανής, ενώ για ταχύτητες μεγαλύτερες από το επίπεδο των 50 km/h, ο θόρυβος που υπερισχύει είναι αυτός που δημιουργείται από τα ελαστικά. Όσον αφορά το σύνολο της ροής των οχημάτων οι βασικοί παράγοντες είναι η πυκνότητα της κυκλοφοριακής ροής, η σύνθεσή της, η μέση ταχύτητα κυκλοφορίας, ο ρυθμός επιτάχυνσης των οχημάτων, η ποιότητα και ο τύπος του οδοστρώματος. Όσον αφορά τα χαρακτηριστικά της διάδοσης του θορύβου από την πηγή στον δέκτη, αυτά είναι η απόσταση μεταξύ πηγής και δέκτη, η σχετική τους θέση, η απορροφητικότητα του παρεμβαλλόμενου εδάφους, η ύπαρξη ανακλαστικών επιφανειών κλπ.

Ακόμη, υπάρχει μία σειρά από άλλους παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν τον κυκλοφοριακό θόρυβο, όπως οι καιρικές συνθήκες, ο τρόπος και οι συνθήκες οδήγησης των χρηστών της οδού καθώς και τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της κάθε οδού και τυχόν παρεμβάσεις μεταξύ των οποίων και η εφαρμογή μέτρων traffic calming.

3.3. Οι επιπτώσεις του θορύβου

Η ηχορύπανση επηρεάζει δυσμενώς τόσο την υγεία, όσο και την ποιότητα ζωής των ανθρώπων. Οι επιπτώσεις στην υγεία από την έκθεση στον θόρυβο κυρίως περιλαμβάνουν:

- Ενόχληση
- Ακουστικές βλάβες
- Δυσκολία στην ομιλία
- Ψυχολογικές διαταραχές
- Διαταραχή του ύπνου
- Μείωση της παραγωγικότητας του ανθρώπου στον εργασιακό τομέα

Κυριότερη και πλέον προφανής επίπτωση του θορύβου στον άνθρωπο είναι η δυσμενής του επίδραση επί του συστήματος ακοής του. Ο θόρυβος αποδεδειγμένα μπορεί να προκαλέσει παροδική ή μόνιμη ακουστική απώλεια. Παράλληλα όμως, ο θόρυβος αποτελεί σημαντική αιτία ενόχλησης και ψυχολογικής πίεσης. Ακόμα και σε όχι ιδιαίτερα υψηλές στάθμες προκαλεί ανησυχία και άγχος.

Όλα αυτά οδηγούν σε μειωμένη ποιότητα ανάπαυσης που αφήνει τον άνθρωπο κουρασμένο με αποτέλεσμα τη μείωση της αποδοτικότητας του. Αν υπολογίσει κανείς το μεγάλο ποσοστό εργαζομένων που ζουν σε σχετικά θορυβώδες περιβάλλον, μπορεί να γίνει αντιληπτή η καθημερινή απώλεια εθνικού εισοδήματος, ακόμα και αν θεωρήσουμε μία μείωση αποδοτικότητας ανά άτομο πολύ μικρή.

Το πρόβλημα του θορύβου αποτελεί συνεπώς και οικονομικό ζήτημα και η αντιμετώπισή του, εκτός του ότι ικανοποιεί τους πολίτες και προστατεύει τη δημόσια υγεία, μπορεί να είναι και οικονομικά θετική.

3.4. Μέτρα προστασίας του περιβάλλοντος από τον οδικό κυκλοφοριακό θόρυβο

Η προσπάθεια ελάττωσης των ηχητικών επιπέδων στις ευαίσθητες περιοχές, για παράδειγμα σε περιοχές που βρίσκονται κοντά σε μεγάλες οδικές αρτηρίες, οδηγεί στη χρήση ενός συνόλου τεχνικών εφαρμογών. Οι λύσεις που υπάρχουν ποικίλουν

ανάλογα με τη φύση του προβλήματος. Η συνήθης πρακτική είναι να ξεκινήσουμε από τη μείωση του θορύβου κοντά στην πηγή εφ' όσον είναι εφικτό, και ύστερα να αναζητήσουμε λύσεις κατά τη διαδρομή διάδοσης ή κοντά στον δέκτη με συνεχείς επεμβάσεις ώστε να αποφεύγεται η επανεμφάνιση του φαινομένου.

Διάφορες τεχνικές εφαρμογές για την μείωση του οδικού κυκλοφοριακού θορύβου είναι συνοπτικά οι ακόλουθες:

- Ελάττωση του θορύβου των οχημάτων με χρήση νέων τεχνολογιών και εφαρμογή αυστηρών κανονισμών.
- Σωστή εκμετάλλευση των κυκλοφοριακών αξόνων και αναδιοργάνωση των οδικών δικτύων με σκοπό τη βελτίωση της κυκλοφοριακής ροής. Ακόμη, αναδιοργάνωση του πολεοδομικού ιστού για να μην αποτελεί το οδικό δίκτυο πηγή θορύβου.
- Επέμβαση πάνω στην υποδομή με κατασκευή ειδικών τεχνικών έργων.
- Ειδική ηχομονωτική κατασκευή των κτιρίων.
- Ελάττωση της ταχύτητας σε κρίσιμους δρόμους είτε επιβάλλοντας όρια, είτε με τη χρήση άλλων μέτρων. Το κατά πόσον τα μέτρα που χρησιμοποιούνται για το σκοπό αυτό είναι πάντοτε αποτελεσματικά είναι ένα ζήτημα που επιδέχεται αναλύσεων. Ένα από τα μέτρα αυτά είναι και η τοποθέτηση υβώσεων (σαμαράκια), η επιρροή των οποίων στον οδικό κυκλοφοριακό θόρυβο μελετάται παρακάτω.

3.5. Σχετική νομοθεσία – Επιτρεπόμενα όρια θορύβου

Η αντιμετώπιση του προβλήματος του θορύβου στηρίζεται στην ύπαρξη νομοθεσίας (νόμοι, υπουργικές αποφάσεις, προεδρικά διατάγματα) για τον περιορισμό του.

Στα πλαίσια της συνδιάσκεψης για την πρόληψη του θορύβου που πραγματοποιήθηκε στις 7 – 9 Μαΐου 1980 στο Παρίσι, διαπιστώθηκε ότι το επίπεδο του θορύβου στο εσωτερικό των σπιτιών δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 40 – 45 dB(A) κατά την περίοδο της ημέρας και τα 35 dB(A) κατά την περίοδο της νύχτας. Για να περιοριστεί ο θόρυβος σε αυτά τα επίπεδα στο εσωτερικό των σπιτιών το επίπεδο θορύβου πλησίον της ζώνης κατοικίας δεν πρέπει να ξεπερνά τα 60 – 65 dB(A) την ημέρα και τα 50 – 55 dB(A) τη νύχτα. Σύμφωνα δε με τις βρετανικές προδιαγραφές

καθορίστηκε ότι το επίπεδο θορύβου L_{10} δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 68 dB(A), στάθμη που αντιστοιχεί περίπου σε L_{eq} ίσο με 65 dB(A).

Σύμφωνα με τις γενικές προδιαγραφές μελετών περιβαλλοντικών επιπτώσεων, αλλά και με την απόφαση του Υπουργού ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. 17252/20.5.92 (Φ.Ε.Κ. Β395/13.6.92) που έχει επεξεργαστεί η διεύθυνση ελέγχου ατμοσφαιρικής ρύπανσης και θορύβου, μέσα στα πλαίσια των Μ.Π.Ε. Α' κατηγορίας για οδικά συγκοινωνιακά έργα, είναι απαραίτητη η διερεύνηση των αναμενόμενων τιμών στάθμης θορύβου των δεικτών L_{10} (18ωρ) ή L_{eq} (8-20ωρ) και η διαπίστωση εάν αυτοί οι δείκτες παρουσιάζουν στάθμες που υπερβαίνουν τις ανώτατες οριακές τιμές, δηλαδή τους περιβαλλοντικούς όρους λειτουργίας, που είναι αντίστοιχα 67 και 70 dB(A).

Ακόμη, γίνεται προσπάθεια για τη θέσπιση μίας ενιαίας ευρωπαϊκής πολιτικής απέναντι στο πρόβλημα της ηχορύπανσης με την έκδοση ειδικών οδηγιών όπως η οδηγία 2000/14/EK που αφορά στην καταπολέμηση του θορύβου που εκπέμπεται από τεχνικό εξοπλισμό που χρησιμοποιείται σε εξωτερικούς χώρους και η οδηγία 2002/49/EK για την αξιολόγηση και διαχείριση του περιβαλλοντικού θορύβου. Η τελευταία έχει ως σκοπό την προστασία των πολιτών από τις επιπτώσεις της έκθεσης στον περιβαλλοντικό θόρυβο ο οποίος γίνεται αντιληπτός από τον πολίτη στο εσωτερικό της κατοικίας του και γύρω από αυτήν, στις σχετικά ήσυχες ζώνες μιας περιοχής, εντός των νοσοκομείων και των σχολείων και πέριξ αυτών.

Τέλος, και στην Πράσινη Βίβλο της Επιτροπής της 4^{ης} Νοεμβρίου COM(96)540 11/96, οι ηχητικές οχλήσεις αντιμετωπίζονται για πρώτη φορά υπό το πρίσμα της προστασίας του περιβάλλοντος και η καταπολέμηση του θορύβου θεωρείται ζήτημα προτεραιότητας στον τομέα του περιβάλλοντος. Με τις προτάσεις που παραθέτει στην Πράσινη Βίβλο, η επιτροπή επιζητεί την πλήρη αναδιάρθρωση της κοινοτικής πολιτικής κατά του θορύβου καθορίζοντας σαφείς στόχους για τη μείωσή του.

3.6. Θόρυβος και σαμαράκια

Η εφαρμογή μέτρων ήπιας κυκλοφορίας όπως τα σαμαράκια, μπορεί αναμφίβολα να επηρεάσει τα επίπεδα του οδικού κυκλοφοριακού θορύβου ποικιλοτρόπως. Έτσι, η μείωση της ταχύτητας των οχημάτων μπορεί να συνεπάγεται ελάττωση των επιπέδων θορύβου που παράγονται από τη μηχανή. Ακόμη, η εφαρμογή του μέτρου λογικά επιφέρει και μείωση του κυκλοφοριακού φόρτου στις περιοχές εφαρμογής, με αποτέλεσμα την περαιτέρω μείωση του οδικού κυκλοφοριακού θορύβου.

Ωστόσο, οι απότομες επιταχύνσεις και επιβραδύνσεις που συχνά πραγματοποιούν τα οχήματα στο διάστημα μεταξύ δύο σαμαρακίων, μπορεί να αποτελέσουν αιτία αύξησης του θορύβου και σημαντικής ακουστικής ενόχλησης. Είναι προφανές ότι το μέγεθος αυτής της ενόχλησης εξαρτάται από τον τρόπο οδήγησης των οχημάτων. Έτσι, ένας παθητικός τρόπος οδήγησης με χαμηλή και σταθερή ταχύτητα δε δημιουργεί ιδιαίτερα υψηλά επίπεδα θορύβου. Αντιθέτως, στην περίπτωση ‘επιθετικής’ οδήγησης με πολλές διαδοχικές επιταχύνσεις και επιβραδύνσεις τα επίπεδα αυτά μπορούν να αυξηθούν σημαντικά. Συν τοις άλλοις, η διέλευση πάνω από σαμαράκι μπορεί να δημιουργήσει και θόρυβο λόγω κραδασμών και να αυξήσει τον παραγόμενο από τις αναρτήσεις και από τα ελαστικά θόρυβο. Έτσι έχουμε σημαντικές αυξήσεις στις μέγιστες τιμές θορύβου που δημιουργούνται.

Το κατά πόσον τελικά μπορεί η χρήση σαμαρακίων να συντελέσει στην αύξηση ή τη μείωση του οδικού κυκλοφοριακού θορύβου αποτελεί ένα θέμα που δεν μπορεί να ξεκαθαριστεί με ευκολία και σαφήνεια καθώς υπάρχει μία σειρά παραγόντων που μπορεί να επηρεάσει τη μεταξύ τους σχέση. Με τη βοήθεια του πειράματος το οποίο παρουσιάζεται αναλυτικά στη συνέχεια, γίνεται μία προσπάθεια εκτίμησης του μεγέθους της αύξησης του θορύβου λόγω της διέλευσης οχημάτων από σαμαράκια. Ιδιαίτερως δε, μελετάται και παρουσιάζεται η αύξηση στις μέγιστες τιμές θορύβου, οι οποίες είναι και αυτές που δημιουργούν τις μεγαλύτερες ενοχλήσεις.

3.6.1. Η ευρωπαϊκή εμπειρία

Η μελέτη της επιρροής των τεχνικών ήπιας κυκλοφορίας όπως τα σαμαράκια στον οδικό κυκλοφοριακό θόρυβο είναι ένα ζήτημα το οποίο έχει τελευταία αρχίσει να απασχολεί την επιστημονική κοινότητα. Με δεδομένο ότι η χρησιμοποίηση τέτοιου είδους μέτρων γίνεται ολοένα και συχνότερη με την πάροδο του χρόνου, αλλά και ότι το πρόβλημα της ηχορύπανσης γίνεται εντονότερο με αποτέλεσμα να δίνεται μεγαλύτερη σημασία σε αυτό από τις κατά τόπους αρμόδιες αρχές και επιτροπές, αντιλαμβάνεται κανείς ότι το ζήτημα αυτό παρουσιάζει ιδιαίτερο ενδιαφέρον και χρήζει επιστημονικής ανάλυσης.

Με σκοπό να διερευνήσει το πρόβλημα αυτό, το βρετανικό TRL (Traffic Research Laboratory), διεξήγαγε μία σειρά πειραμάτων-μετρήσεων ώστε να διευκρινίσει εάν και κατά πόσο συνεισφέρουν τα σαμαράκια στην μείωση του κυκλοφοριακού θορύβου. Έτσι, έγινε η μέτρηση των επιπέδων θορύβου σε ένα δρόμο στο Slough της

Μ. Βρετανίας, πριν και μετά την τοποθέτηση σαμαρακίων (speed humps) κυκλικού προφίλ με ύψος 7,5 cm.

Από την επεξεργασία των μετρήσεων προέκυψαν τα εξής αποτελέσματα:

- Η μέση ταχύτητα των οχημάτων μειώθηκε κατά 19 km/h πάνω στα σαμαράκια και 13 km/h στην περιοχή ανάμεσα στα σαμαράκια
- Ο μέσος όρος των αιχμών θορύβου (peaks), μειώθηκε κατά 8,2 dB(A) πάνω στα σαμαράκια και κατά 3,9 dB(A) στην περιοχή ανάμεσα στα σαμαράκια
- Ο δείκτης $L_{A10,18h}$ μειώθηκε κατά 3,4 dB(A) πάνω στα σαμαράκια και κατά 1,7 dB(A) στην περιοχή ανάμεσα στα σαμαράκια.

Με μια πρώτη ματιά παρατηρείται ότι τα σαμαράκια μειώνουν την ταχύτητα των αυτοκινήτων και ως συνέπεια και τις εκπομπές θορύβου τους. Στις περιοχές ανάμεσα στα σαμαράκια όπου οι οδηγοί επιταχύνουν για να επιβραδύνουν ξανά αμέσως πριν το επόμενο σαμαράκι η μείωση της μέσης ταχύτητας αλλά και του θορύβου είναι μικρότερη.

Το μέγεθος ωστόσο της ενόχλησης των περιοίκων δεν μπορεί να περιγραφεί πάντα με τον μέσο όρο των αιχμών θορύβου που δημιουργούνται από το χτύπημα πάνω στο σαμαράκι ή από την επιτάχυνση μετά από αυτό. Πολλές φορές το ένα μεμονωμένο περιστατικό οχήματος που θα περάσει με υπερβολική ταχύτητα πάνω από το σαμαράκι δημιουργώντας πολύ μεγάλη αιχμή (γεγονός που δεν περιγράφεται από τον μέσο όρο καθώς 'χάνεται' μέσα σε αυτόν) είναι πολύ περισσότερο ενοχλητικό από τον μέσο θόρυβο της οδού, πόσο μάλλον όταν με την τοποθέτηση σαμαρακίων αυτός ο μέσος θόρυβος έχει μειωθεί, όπως δείχνει και η παραπάνω έρευνα, με αποτέλεσμα το μεμονωμένο αυτό περιστατικό να εξέχει αισθητά από τον θόρυβο που έχουν συνηθίσει οι περίοικοι.

Το TRL έκανε μία ακόμη σειρά μετρήσεων, αυτή τη φορά σε πίστα δοκιμών, όπου μετρήθηκαν οι αιχμές θορύβου που προκαλούνται από την διέλευση οχημάτων που περνούν από σαμαράκι με συγκεκριμένη ταχύτητα. Είχε προηγηθεί η μέτρηση των αιχμών που προκαλούν τα ίδια οχήματα περνώντας από το οδόστρωμα ώστε να συγκριθούν τα αποτελέσματα.

Από τις μετρήσεις προέκυψε πως για ταχύτητα 45 km/h και για διέλευση από οδόστρωμα τα οχήματα δημιουργούσαν αιχμές θορύβου με μέσο όρο τα 71 dB(A) (σε

απόσταση 7,5 μέτρων), ενώ για διέλευση με 22 km/h πάνω από σαμαράκι 60,9 dB(A). Συγκρίνοντας τις τιμές βλέπουμε πως για την αναμενόμενη μείωση της ταχύτητας από τους οδηγούς λόγω της ύπαρξης των σαμαρακίων, οι αιχμές θορύβου είναι μειωμένες κατά 10,1 dB(A).

Το TRL ωστόσο παραλείπει και πάλι να λάβει υπ'όψιν το φαινόμενο που αναφέρθηκε νωρίτερα καθώς μελετάει την αιχμή θορύβου που θα δημιουργηθεί από αυτοκίνητο με μειωμένη ταχύτητα (όπως βρέθηκε νωρίτερα) και όχι από ένα αυτοκίνητο που θα περάσει από το σαμαράκι με υπερβολική ταχύτητα. Γίνεται βεβαίως αντιληπτό ότι αυτή η προσέγγιση του θέματος αγνοεί τυχόν 'επιθετική' οδική συμπεριφορά των χρηστών της οδού, φαινόμενο ιδιαίτερα σύνηθες, ειδικά στους ελληνικούς δρόμους.

Measure	Average maximum noise level at measure (dB(A)) for typical road speeds (km/h) at a distance of 7.5 m ⁺					
	Cars		Buses		Commercial vehicles	
	Speed	Noise	Speed	Noise	Speed	Noise
Level road	45	71.0	38	73.7	38	79.7
Narrow cushions	30	64.4 (-6.6)	34	74.7 (+1.0)	34	81.8 (+2.1)
Wide cushions	22	62.3 (-8.7)	24	73.2 (-0.5)	24	87.6 (+7.9)
Flat-top hump	22	60.7 (-10.3)	18	70.0 (-3.7)	18	85.8 (+5.2)
Round-top hump	22	60.9 (-10.1)	18	69.8 (-3.9)	18	77.6 (-2.1)

Πιν. 3.1.

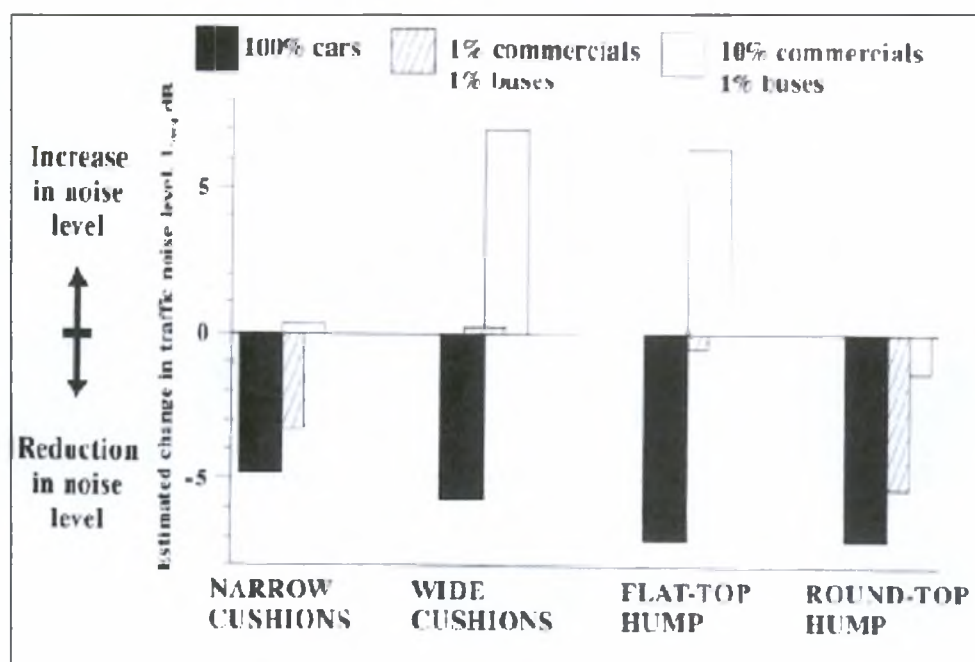
Η εργασία συνεχίζεται με παρόμοιες μετρήσεις με άλλων ειδών εγκάρσιες υπερυψωμένες λωρίδες (cushions, flat-topped humps) και οχήματα (φορτηγά, λεωφορεία). Τα αποτελέσματα των μετρήσεων αυτών φαίνονται στον παραπάνω πίνακα (Πιν. 3.1.).

Το TRL χρησιμοποιώντας κάποιο μοντέλο πρόβλεψης και αξιοποιώντας τα αποτελέσματα των πειραμάτων που διεξήγαγε, έκανε πρόβλεψη της μεταβολής της ισοδύναμης στάθμης θορύβου μιας οδού για διάφορες συνθέσεις κυκλοφορίας. Από

μελέτη που έγινε διαπιστώθηκε ότι το ποσοστό των εμπορικών οχημάτων στους δρόμους κυμαινόταν από 0% έως 10%, και των λεωφορείων από 0% έως 1%. Έτσι τα σενάρια των συνθέσεων κυκλοφορίας ορίστηκαν να είναι:

1. 100% επιβατικά Ι.Χ.
2. 98% επιβατικά Ι.Χ., 1% λεωφορεία, 1% φορτηγά
3. 89% επιβατικά Ι.Χ., 1% λεωφορεία, 10% φορτηγά

Έτσι, για τις διάφορες συνθέσεις κυκλοφορίας και για τα διάφορα μέτρα ελέγχου της ταχύτητας προέκυψαν τα παρακάτω αποτελέσματα όσον αφορά την μείωση του L_{eq} μιας οδού (Πιν. 3.2.):



Πιν. 3.2.

Παρόμοια έρευνα προκειμένου να προσδιορίσει την επίδραση της τοποθέτησης σαμαρακίων στον οδικό κυκλοφοριακό θόρυβο διεξήγαγε και το πανεπιστήμιο του Gothenburg στη Σουηδία. Για τις μετρήσεις επιλέχθηκαν ένα τμήμα οδού με σαμαράκια και ένα τμήμα οδού χωρίς κανένα εμπόδιο. Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν σε συνθήκες ελεύθερης ροής, ενώ το ανώτατο όριο ταχύτητας

ήταν 50 km/h. Τα οχήματα ταξινομήθηκαν σε τρεις κατηγορίες: επιβατικά οχήματα (passenger cars), μικρά φορτηγά (light lorries) και μεγάλα φορτηγά (lorries).

Οι μετρήσεις που διεξήχθησαν αφορούσαν τόσο τις μέγιστες εμφανιζόμενες τιμές (αιχμές) θορύβου, όσο και τα μέσα επίπεδα θορύβου. Βρέθηκε ότι στο τμήμα του δρόμου στο οποίο δεν υπήρχαν σαμαράκια, οι αιχμές θορύβου κυμαίνονταν μεταξύ 77 και 86 dB(A), αναλόγως του τύπου του οχήματος, ενώ οι αντίστοιχες τιμές στο τμήμα του δρόμου στο οποίο υπήρχαν σαμαράκια ήταν από 1 έως 13 dB(A) υψηλότερες. Η μεγαλύτερη επιδείνωση που έφτανε τα 13 dB(A) παρουσιάστηκε στα επιβατικά αυτοκίνητα. Όσον αφορά τα μέσα επίπεδα θορύβου, οι διαφορές που μετρήθηκαν μεταξύ των δύο οδικών τμημάτων ήταν ασήμαντες. Τα αποτελέσματα των μετρήσεων παρατίθενται συγκεντρωτικά στον παρακάτω πίνακα (Πιν. 3.3.).

Type of vehicle	No bump	Bump
Passenger car		
Number measured	33	67
Average dB (A)	73	74
Max dB (A)	77	90
Light lorries		
Number measured	7	32
Average dB (A)	74	73
Max dB (A)	78	81
Lorries		
Number measured	10	19
Average dB (A)	82	82
Max dB (A)	86	87

Πιν. 3.3.

Αξίζει να σημειωθεί, όπως και οι ίδιοι οι μελετητές παρατηρούν, ότι η εν λόγω έρευνα έχει βασιστεί σε περιορισμένο αριθμό μετρήσεων, συνεπώς τα αποτελέσματα δεν μπορούν να γενικευτούν με μεγάλη ασφάλεια. Ωστόσο, μπορεί να εξαχθεί το συμπέρασμα ότι, σε γενικές γραμμές, η παρουσία σαμαρακίων σε μία οδό αυξάνει τις μέγιστες τιμές θορύβου από την κίνηση των οχημάτων σε αυτήν. Με δεδομένο ότι περισσότερο ενοχλητικές για τους περιοίκους είναι αυτές ακριβώς οι αυξήσεις που παρατηρούνται στις αιχμές του θορύβου και όχι τόσο οι αυξήσεις στα μέσα επίπεδα

θορύβου, καθίσταται κατανοητό ότι η τοποθέτηση σαμαρακίων στις οδούς μίας περιοχής μπορεί να αποτελέσει παράγοντα αύξησης της όχλησης των κατοίκων της. Σε κάθε περίπτωση πάντως, συνίσταται να λαμβάνονται υπ' όψιν οι συνέπειες της τοποθέτησης σαμαρακίων στον οδικό κυκλοφοριακό θόρυβο κατά τη μελέτη που προηγείται της εγκατάστασής τους.

4. ΤΟ ΠΕΙΡΑΜΑ

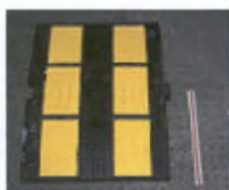
4.1. Σκοπός του πειράματος

Σκοπός της διαδικασίας ήταν η εκτίμηση της επιδείνωσης των μέγιστων τιμών θορύβου λόγω της διέλευσης των οχημάτων από σαμαράκια. Πιο συγκεκριμένα, μετρήθηκαν οι τιμές αιχμών θορύβου κατά τη διέλευση από κοινό οδόστρωμα καθώς και οι αντίστοιχες τιμές κατά τη διέλευση από δύο διαφορετικές διατάξεις από σαμαράκια, και προσδιορίστηκε η διαφορά τους. Οι διαφορές αυτές προκύπτουν κυρίως από τους κραδασμούς στους οποίους υπόκεινται τα οχήματα καθώς περνούν επάνω από τις διατάξεις.

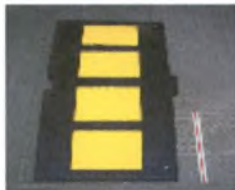
Οι μετρήσεις και οι εκτιμήσεις των αυξήσεων των αιχμών θορύβου έγιναν, όπως περιγράφεται αναλυτικότερα στη συνέχεια, για διαφορετικές ταχύτητες διέλευσης των οχημάτων, με τελικό στόχο, μετά την επεξεργασία των αποτελεσμάτων, τον καθορισμό της τιμής της αναμενόμενης αύξησης στις μέγιστες τιμές (αιχμές) των σταθμών θορύβου, σε περίπτωση τοποθέτησης σαμαρακίων σε μία οδό, για κάθε μία από τις ταχύτητες αυτές.

4.2. Η διάταξη του πειράματος

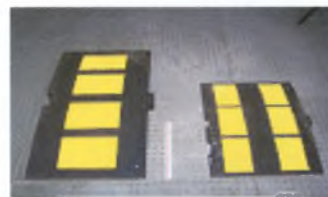
Για τη διεξαγωγή του πειράματος τοποθετήθηκαν δύο διαφορετικές διατάξεις σαμαρακίων, από ίδιο υλικό, αλλά με διαφορετικές διαστάσεις. Η πρώτη διάταξη (Διάταξη 1), αποτελείτο από 6 τεμάχια με διαστάσεις 60cm x 48cm x 3cm και κυκλικού προφίλ (Εικ. 4.1.α.), συναρμολογημένα σε σειρά ώστε οι τελικές της διαστάσεις να είναι 60cm x 288cm x 3cm. Η δεύτερη διάταξη (Διάταξη 2), αποτελείτο από 6 τεμάχια με διαστάσεις 90cm x 51cm x 5cm ιδίου προφίλ (Εικ. 4.1.β.) και συναρμολογημένα με τον ίδιο τρόπο ώστε οι τελικές της διαστάσεις να είναι 90cm x 306cm x 5cm.



Εικ. 4.1.α. Τεμάχιο διάταξης 1



Εικ. 4.1.β. Τεμάχιο διάταξης 2



Εικ. 4.1.γ. Σύγκριση

Οι δύο διατάξεις, όπως προέκυψαν μετά από τη συναρμολόγηση των τεμαχίων, παρουσιάζονται στις φωτογραφίες που ακολουθούν.



Εικ. 4.2.α. Διάταξη 1



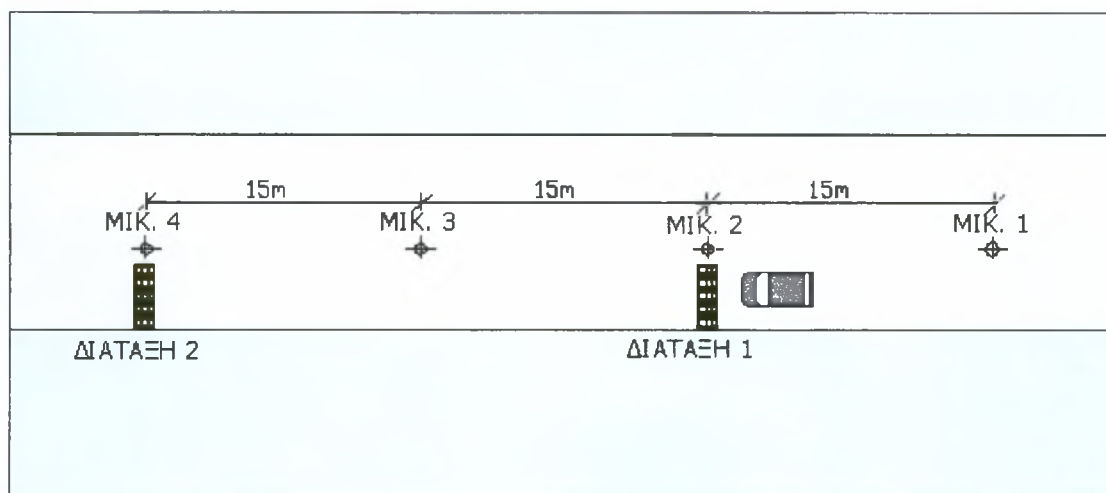
Εικ. 4.2.β. Διάταξη 2

Οι δύο διατάξεις τοποθετήθηκαν σε ήσυχη οδό με ελάχιστη κυκλοφορία στη βιομηχανική περιοχή του Βόλου. Πλησίον της περιοχής των μετρήσεων δεν υπήρχαν άλλες πηγές θορύβου. Επίσης δεν υπήρχαν παρόδια κτίσματα, επομένως δεν υπήρχε περίπτωση ανάκλασης του ήχου. Η εγκατάσταση των διατάξεων έγινε ώστε η μεταξύ τους απόσταση να είναι 30 μέτρα. Μπροστά από κάθε διάταξη και σε ύψος 1,20 μέτρων από το έδαφος τοποθετήθηκε από ένα μικρόφωνο στημένο σε τρίποδα. Τοποθετήθηκαν ακόμη δύο μικρόφωνα, το ένα πριν από την πρώτη διάταξη και σε απόσταση 15 μέτρων από αυτήν και το άλλο ακριβώς στο μέσον της απόστασης

μεταξύ της πρώτης και της δεύτερης διάταξης (15 δηλαδή μέτρα μετά τη Διάταξη 1 και 15 μέτρα πριν τη Διάταξη 2). Τα τέσσερα μικρόφωνα συνδέθηκαν σε μία κάρτα harmonie της εταιρείας 01dB. Η κάρτα harmonie είναι μία τετρακάναλη κάρτα που μεταφέρει σε πραγματικό χρόνο τα δεδομένα σε έναν φορητό υπολογιστή. Έτσι στη συνέχεια ήταν δυνατή η ξεχωριστή επεξεργασία των δεδομένων των τεσσάρων μικροφώνων. Επίσης, παρείχε τη δυνατότητα εγγραφής και αναπαραγωγής του ηχητικού σήματος που δημιουργούσαν τα οχήματα κατά τις διελεύσεις τους. Η τελική πειραματική διάταξη που προέκυψε μετά την εγκατάσταση των σαμαρακίων και την τοποθέτηση και σύνδεση των μικροφώνων παρουσιάζεται στην εικόνα που ακολουθεί (Εικ. 4.3.) και στο σχετικό σκαρίφημα (Εικ. 4.4.) .



Εικ. 4.3. Η πειραματική διάταξη



Εικ. 4.4. Η περιοχή των μετρήσεων

4.3. Περιγραφή της διαδικασίας

Οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν ηλιόλουστη ημέρα σε στεγνό οδόστρωμα και με άνεμο χαμηλής έντασης. Χρησιμοποιήθηκαν δύο διαφορετικοί τύποι οχημάτων: ένα επιβατικό Toyota Corolla I.X. και ένα Toyota Rav4 4x4 S.U.V. Τα οχήματα πραγματοποίησαν διελύσεις κατά μήκος της πειραματικής διάταξης, με σταθερή κατά το δυνατόν ταχύτητα. Κατά μέσον όρο έγιναν τρεις διελύσεις ανά ταχύτητα και ανά όχημα. Οι ταχύτητες διέλευσης ξεκινούσαν από 10 km/h και έφταναν μέχρι και 60 km/h με βήμα 10 km/h.

Καθώς τα οχήματα πραγματοποιούσαν τις διελύσεις, τα μικρόφωνα κατέγραφαν το ηχητικό σήμα που αυτά παρήγαγαν και τα αποτελέσματα μεταφέρονταν στον υπολογιστή. Μετά την ολοκλήρωση της διαδικασίας, με τη βοήθεια του προγράμματος dBTrait της 01dB και αφού πρώτα τα δεδομένα σταθμίστηκαν με το φίλτρο A ώστε να δίνεται έμφαση στις συχνότητες στις οποίες είναι ευαίσθητο το ανθρώπινο ακουστικό σύστημα, έγινε η συγκέντρωση και η επεξεργασία των αποτελεσμάτων των μετρήσεων, όπως αυτή παρουσιάζεται αναλυτικά στο επόμενο κεφάλαιο.



Εικ. 4.5. Διέλευση οχήματος από σαμαράκι

4.4. Αναλυτική περιγραφή του εξοπλισμού

Ο εξοπλισμός που χρησιμοποιήθηκε για την καταγραφή των ηχητικών σημάτων από τις μετρήσεις και για τη μετέπειτα επεξεργασία των αποτελεσμάτων περιλάμβανε τα τέσσερα μικρόφωνα, τα οποία τοποθετήθηκαν όπως αναφέρεται προηγουμένως, την κάρτα Harmonie της εταιρείας 01dB συνδεδεμένη με έναν φορητό υπολογιστή και το πρόγραμμα dBtrait32 της ίδιας εταιρείας. Στη συνέχεια ακολουθεί η αναλυτική περιγραφή των παραπάνω.

4.4.1. Το σύστημα Harmonie

Το σύστημα Harmonie αποτελείται από μία ή περισσότερες διατάξεις μετατροπής (όπως π.χ. μικρόφωνα), συνδεδεμένα σε μια μικρή τετρακάναλη μονάδα επεξεργασίας που μεταφέρει τα δεδομένα σε πραγματικό χρόνο σε ένα φορητό υπολογιστή. Το σύστημα έχει τη δυνατότητα ταυτόχρονης ανάλυσης θορύβου και δονήσεων στο πεδίο του χρόνου καθώς και των συχνοτήτων. Επίσης, κατά τη διάρκεια της διαδικασίας των μετρήσεων έχει τη δυνατότητα της πλήρους καταγραφής του ηχητικού σήματος ώστε αυτό να μπορεί να αναπαραχθεί από οποιοδήποτε προσωπικό υπολογιστή κατά την διάρκεια της ανάλυσης.

Αναλυτικότερα το σύστημα που χρησιμοποιήθηκε περιλαμβάνει τις διατάξεις μετατροπής (μικρόφωνα), την τετρακάναλη μονάδα επεξεργασίας Harmonie

συνδεδεμένη μέσω της σειριακής θύρας (PCMCIA) σε φορητό υπολογιστή, και ηχεία για την αναπαραγωγή του σήματος που καταγράφηκε και παρουσιάζεται σχηματικά στην παρακάτω εικόνα (Εικ. 4.6.).



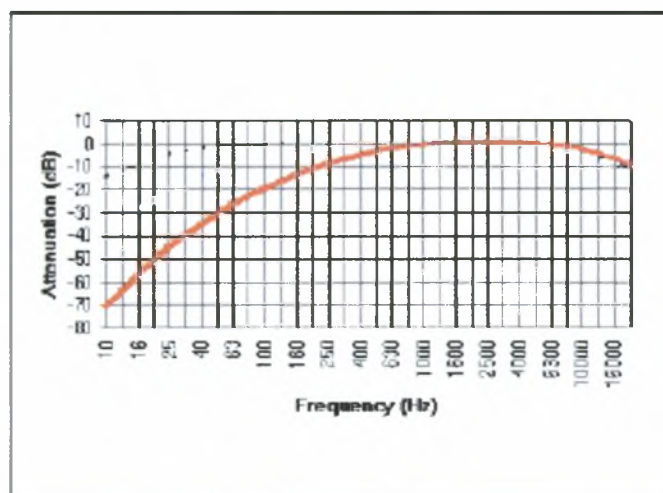
Εικ. 4. 6. Το σύστημα Harmonie

Οι δυνατότητες και τα χαρακτηριστικά του συστήματος δεν περιορίζονται σε αυτά μόνο που αναφέρθηκαν παραπάνω. Αναλυτικότερα λοιπόν, το σύστημα Harmonie:

- Διαθέτει ψηφιακές εισόδους και εξόδους ώστε να είναι δυνατός ο τηλεχειρισμός του και η από απόστασεως λήψη των δεδομένων των μετρήσεων.
- Διεξάγει μετρήσεις με βάση χρόνου έως και 20 ms για μετρήσεις σε πραγματικό χρόνο. Η έννοια της βάσης χρόνου εξηγείται αναλυτικά στην παράγραφο 4.4.3 του παρόντος κεφαλαίου.
- Μπορεί να μετρήσει ήχους με ηχητική πίεση από 20 dB περίπου έως 120 dB. Οι αριθμοί αυτοί εξαρτώνται και από την ευαισθησία των μικροφώνων.
- Φιλτράρει ψηφιακά τους ήχους συχνοτήτων από 0,5 έως 20 KHz, σε πραγματικό χρόνο σύμφωνα με τον κανονισμό ISO2631.

- Κάνει δειγματοληψία των ήχων (sampling) με μέγιστη συχνότητα τα 51,2 KHz.
- Δημιουργεί μηδενικό ηλεκτρικό 'θόρυβο' στις αναλογικές στις εισόδους του, ώστε να μην αλλοιώνονται τα αποτελέσματα.
- Μπορεί να σταθμίσει το σήμα με τα φίλτρα A, C, G, ή και γραμμικά.

Όπως προαναφέρθηκε, τα ηχητικά σήματα που καταγράφηκαν, σταθμίστηκαν από το σύστημα Harmonie με το φίλτρο A, το οποίο δίνει έμφαση στις συχνότητες στις οποίες είναι ευαίσθητο το ανθρώπινο σύστημα ακοής. Στο παρακάτω διάγραμμα (Διαγ. 4.7.) φαίνεται η καμπύλη που χρησιμοποιείται από το σύστημα για να σταθμίσει τα σήματα με το φίλτρο A. Στον άξονα Y φαίνεται η εξασθένηση που προκαλεί το φίλτρο στο ηχητικό σήμα σύμφωνα με την συχνότητα αυτού, η οποία φαίνεται στον άξονα X.



Διαγ. 4.7.

4.4.2. Τα μικρόφωνα

Για την καταγραφή των ηχητικών σημάτων χρησιμοποιήθηκαν τέσσερα μικρόφωνα MCE212 της εταιρείας 01dB, τα οποία διατάχθηκαν κατά μήκος του τμήματος το οποίο διέσχιζαν τα οχήματα με τον τρόπο που περιγράφεται αναλυτικά στην παράγραφο 4.2. του παρόντος κεφαλαίου και παρουσιάζεται σχηματικά στην Εικ. 4.4. της ίδιας παραγράφου. Τα μικρόφωνα αυτά είναι γενικής χρήσης και μεγάλης ακρίβειας και πληρούν τις προδιαγραφές IEC για ακουστικές μετρήσεις. Τα

μικρόφωνα (οι κάψες) προσαρμόστηκαν πάνω σε προενισχυτές τύπου P21 της ίδιας εταιρείας.



Εικ. 4.8. Το μικρόφωνο και ο προενισχυτής

Οι προενισχυτές, εξειδικευμένοι για ακουστικές μετρήσεις με πυκνωτικά μικρόφωνα όπως αυτά που χρησιμοποιήθηκαν, επλέχθηκαν λόγω του χαμηλού έμφυτου ‘θορύβου’ που παρουσιάζουν, λόγω της δυνατότητας τους να υποστηρίζουν μήκη καλωδίων έως και 30 μέτρα για από απόστασεως μετρήσεις όπως στην περίπτωση του συγκεκριμένου πειράματος, και λόγω της ευαισθησίας τους σε ευρύ φάσμα συχνοτήτων.



Εικ. 4.9. Το μικρόφωνο MCE212 και ο προενισχυτής P21 επί του τρίποδα

Τα πυκνωτικά μικρόφωνα που χρησιμοποιήθηκαν, διαμέτρου 13,2 mm, με πεδίο συχνοτήτων από 6,3 Hz έως 20 KHz, αφού τοποθετήθηκαν σε τρίποδα, καλύφθηκαν

με ειδικό προστατευτικό κάλυμμα όπως φαίνεται στην παραπάνω φωτογραφία (Εικ. 4.9.), που τα προφύλασσε από τον πνέοντα αέρα, ώστε να μην αλλοιωθούν οι μετρήσεις.

4.4.3. Το πακέτο λογισμικού dBTrait 32

Για την ανάλυση των δεδομένων τα οποία προέκυψαν από τις μετρήσεις που διεξήχθησαν, χρησιμοποιήθηκε, όπως προαναφέρθηκε, το πακέτο λογισμικού dBTrait32. Το πακέτο λογισμικού dBTrait32 της εταιρείας 01dB, χρησιμοποιείται για την επεξεργασία δεδομένων από μετρήσεις περιβαλλοντικού θορύβου. Βασίζεται στη θεωρία του σύντομου Leq (short Leq theory) που αναπτύχθηκε από τον P. Luquet. Σύμφωνα με τη θεωρία αυτή, το μηχάνημα καταγραφής χωρίζει τον χρόνο μέτρησης σε πολύ μικρότερες υποπεριόδους της τάξης των milisecond, και υπολογίζει ξεχωριστά το Leq για κάθε μία από αυτές. Η υποπερίοδος αυτή μπορεί συνήθως να επιλεγεί από τον χρήστη και ονομάζεται βάση ή βήμα χρόνου (time base). Έτσι, για παράδειγμα, για μία μέτρηση που διαρκεί 4 δευτερόλεπτα, και έχοντας ορίσει ως βάση χρόνου τα 200 ms, θα πάρουμε 20 τιμές Leq, μία για κάθε περίοδο ίση με τη βάση χρόνου που ορίσαμε. Με τον τρόπο αυτό, ενώ το φαινόμενο περιγράφεται με την ακρίβεια που επιθυμεί ο χρήστης (η οποία μπορεί να είναι και πολύ μεγάλη για μια πολύ μικρή βάση χρόνου), περιορίζεται ο όγκος των δεδομένων καθώς και ο χρόνος επεξεργασίας τους από το πρόγραμμα.

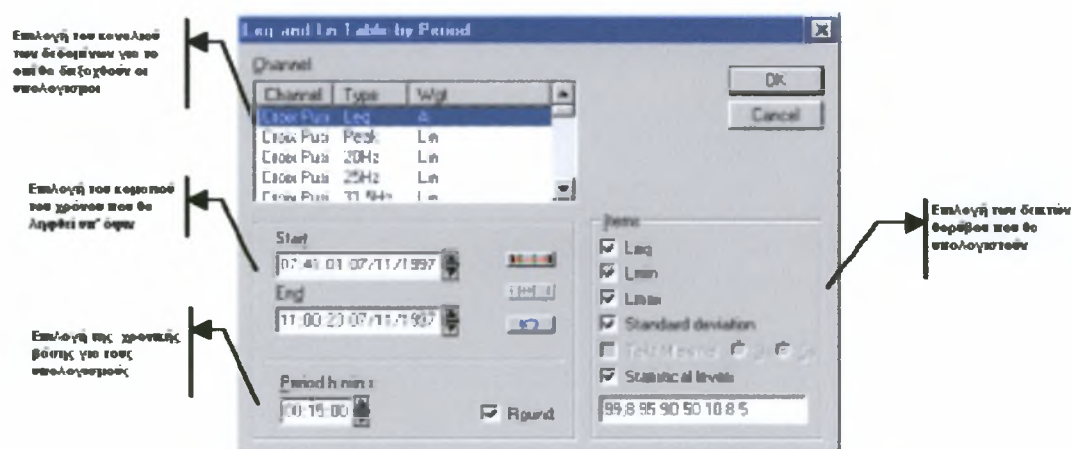
Το λογισμικό αναλύει και διαχειρίζεται αρχεία της μορφής CMG. Αυτό το εξειδικευμένο φορμάτ αρχείων, έχει αναπτυχθεί για να αποθηκεύεται η πλήρης εξέλιξη ενός φαινομένου στο χρόνο, για κάθε είδους μέγεθος θορύβου και ηχητικό σήμα. Μπορεί να αποτελείται από πολλά κανάλια με τη δυνατότητα αυτά να μετράνε στοιχεία σχετικά με το θόρυβο, ιδίου ή διαφορετικού τύπου.

Το dBTrait32 παρέχει μια σειρά από δυνατότητες. Οι σημαντικότερες από αυτές παρατίθενται παρακάτω, ενώ περιγράφεται και το πώς χρησιμοποιήθηκαν κατά τη διαδικασία της επεξεργασίας των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από τη σειρά των μετρήσεων που διενεργήθηκαν.

- Ανάλυση των ακουστικών μεγεθών και παρουσίαση της πλήρους εξέλιξης του φαινομένου στον άξονα του χρόνου για τους διάφορους δείκτες όπως το σύντομο Leq, για οποιαδήποτε χρονική βάση επιλέξει ο χρήστης. Στην

παρούσα εργασία η βάση χρόνου που επιλέχτηκε ήταν τα 100 ms, ώστε το φαινόμενο να περιγράφεται με μεγάλη ακρίβεια. Σε αυτό το σημείο πρέπει να διευκρινιστεί ότι οι τιμές των αιχμών θορύβου που παρουσιάζονται παρακάτω είναι ουσιαστικά οι υψηλότερες τιμές των συντόμων Leq, περιόδου ίσης με 100 ms.

- Επεξεργασία των αποτελεσμάτων, τα οποία παρουσιάζονται σε πίνακες ή διαγράμματα (ένα τέτοιο διάγραμμα ακολουθεί στη επόμενη σελίδα και στην Εικ. 4.11.) για απευθείας εκτύπωση ή μεταφορά σε οποιοδήποτε πρόγραμμα δημιουργίας κειμένου και επεξεργασίας αριθμητικών δεδομένων, καθώς και υπολογισμός των διαφόρων στατιστικών δεικτών L_n , όπως επίσης και των δεικτών L_{min} , L_{max} , $Peak$. Υπολογισμός του συνολικού Leq για μία συγκεκριμένη περίοδο με την δυνατότητα αυτό να γίνει και πάνω στο γράφημα χρησιμοποιώντας τους δύο κέρσορες. Είναι δυνατή η ταυτόχρονη ανάλυση πολλών καναλιών προερχόμενων από διαφορετικά μικρόφωνα, δυνατότητα η οποία αξιοποιήθηκε κατά τη διεξαγωγή του πειράματος ώστε να μπορέσει να γίνει ταυτόχρονα η ξεχωριστή επεξεργασία των δεδομένων που καταγράφηκαν από τα τέσσερα διαφορετικά μικρόφωνα που χρησιμοποιήθηκαν κατά τις μετρήσεις. Στην παρακάτω εικόνα (Εικ. 4.10.) φαίνεται το παράθυρο διαλόγου από το οποίο επιλέχθηκαν οι ρυθμίσεις μερικών από τις παραμέτρους που αναφέρθηκαν παραπάνω.

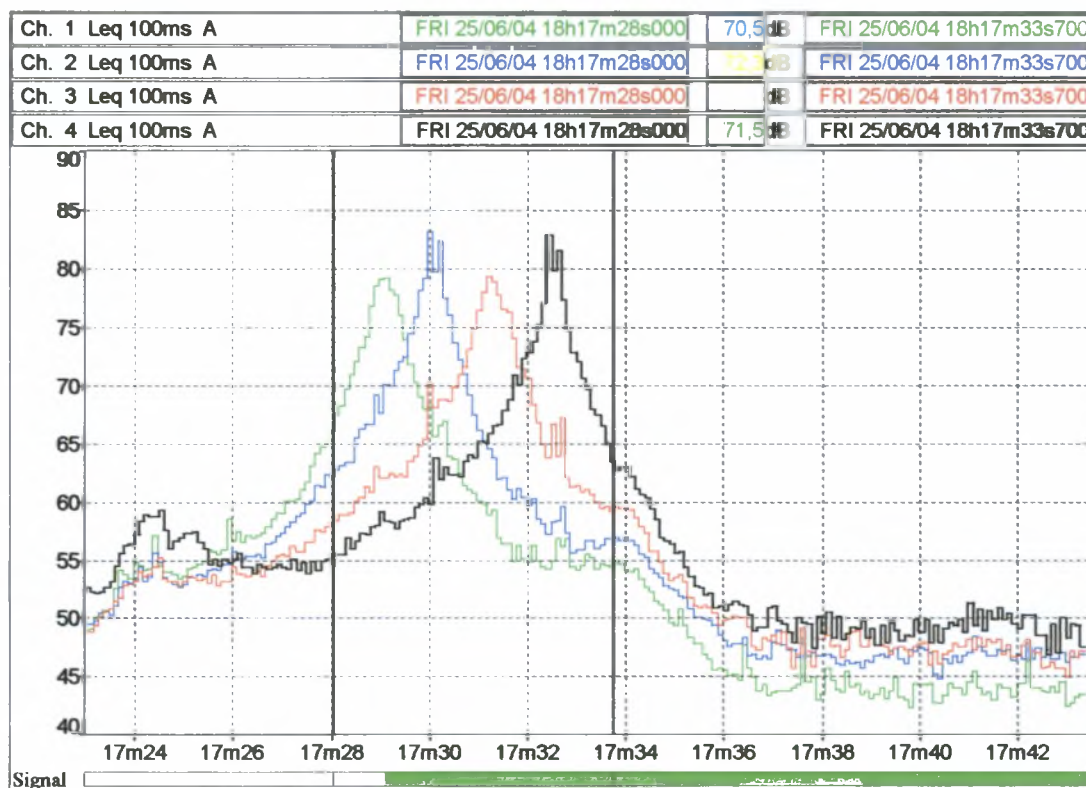


Εικ. 4.10. Παράθυρο διαλόγου στο dBTrait32

- Δυνατότητα αναπαραγωγής του ηχητικού σήματος που καταγράφηκε οποιαδήποτε στιγμή των μετρήσεων. Μπορεί να επιλεγεί οποιοδήποτε χρονικό διάστημα κάποιας μέτρησης από το αντίστοιχο γράφημα στο οποίο

παρουσιάζονται τα αποτελέσματα και να αναπαραχθούν ξεχωριστά τα σήματα που καταγράφηκαν από το κάθε ένα από τα κανάλια. Η δυνατότητα αυτή χρησιμοποιήθηκε ώστε να εξετασθούν τυχόν λόγοι οι οποίοι προκάλεσαν ανωμαλίες στα διαγράμματα και να εξακριβωθεί η προέλευσή τους, ώστε τα αποτελέσματα ορισμένων αλλοιωμένων μετρήσεων να αποκλειστούν από τη διαδικασία της μετέπειτα επεξεργασίας και διαγραμματικής παρουσίασης.

- Το λογισμικό dBTrait32 παρέχει και μια σειρά από δυνατότητες οι οποίες δεν χρησιμοποιήθηκαν για τους σκοπούς αυτής της εργασίας και για τον λόγο αυτό θα αναφερθούν επιγραμματικά:
 1. Πολυφασματική ανάλυση
 2. Αναγνώριση των πηγών θορύβου
 3. Ανάλυση συχνοτήτων του ηχητικού σήματος
 4. Μέτρηση του εργασιακού θορύβου και των δεικτών OSHA



Εικ. 4.11. Διαγραμματική παρουσίαση αποτελεσμάτων από το dBTrait32

5. ΕΠΕΞΕΡΓΑΣΙΑ ΚΑΙ ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΗ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ

5.1. Συγκέντρωση στοιχείων

Μετά την ολοκλήρωση της διαδικασίας των μετρήσεων, δημιουργήθηκε ένα αρχείο CMG για κάθε μία από τις διελεύσεις που πραγματοποιήθηκαν, το οποίο περιείχε όλες τις ενδείξεις που καταγράφηκαν από τα μικρόφωνα κατά τη διάρκεια της διέλευσης σε τέσσερα διαφορετικά κανάλια. Από την ανάλυση των αρχείων αυτών από το dBTrait32 δημιουργήθηκαν διαγράμματα όπως αυτό της Εικόνας 4.11. του προηγούμενου κεφαλαίου τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για να καταστρωθεί το πλήρες μητρώο των μετρήσεων σε μορφή πινάκων.

Έτσι, σε κάθε μία διέλευση αντιστοιχεί ένα διάγραμμα. Το κάθε ένα από τα διαγράμματα αυτά περιέχει τέσσερις καμπύλες, η κάθε μία από τις οποίες αντιστοιχεί σε ένα μικρόφωνο και περιγράφει το ηχητικό σήμα που αυτό κατέγραψε κατά τη διάρκεια της διέλευσης. Από τα διαγράμματα αυτά ήταν δυνατός ο οπτικός εντοπισμός της μέγιστης τιμής (αιχμής θορύβου) που κατέγραψε το κάθε μικρόφωνο, η οποία αντιστοιχούσε στη χρονική στιγμή κατά την οποία το όχημα διερχόταν μπροστά από το μικρόφωνο.

Το πρόγραμμα παρείχε τη δυνατότητα εμφάνισης της εν λόγω τιμής μέσω της μετακίνησης του κέρσορα στο αντίστοιχο σημείο του διαγράμματος. Σημειώνεται ότι η αιχμή θορύβου που δίνεται από το πρόγραμμα αντιστοιχεί σε Leq περιόδου 100 ms, όπως εξηγείται αναλυτικά στην παράγραφο 4.4.3. Παράλληλα, το πρόγραμμα εμφανίζει και τις τιμές που καταγράφηκαν από τα άλλα τρία μικρόφωνα τη συγκεκριμένη χρονική στιγμή. Εκτελώντας αυτή τη διαδικασία τέσσερις συνολικά φορές, μία για την αιχμή κάθε μικροφώνου, προκύπτει για κάθε διέλευση ένας πίνακας της παρακάτω μορφής:

Διέλευση 1η	I.X.			
Ταχύτητα 40 km/h				
Διέλευση μπροστά από το:	Τιμή θορύβου καταγραφόμενη από το :			
	Μικρόφωνο 1	Μικρόφωνο 2	Μικρόφωνο 3	Μικρόφωνο 4
Μικρόφωνο 1	75,2	63,7	53,5	48,7
Μικρόφωνο 2	66,2	78,2	57,9	53,6
Μικρόφωνο 3	57,2	67	73,4	60,3
Μικρόφωνο 4	52,9	58,9	59,9	78,3

Ο παραπάνω πίνακας που παρουσιάζεται ενδεικτικά, αντιστοιχεί στην πρώτη από τις διελεύσεις που πραγματοποίησε το επιβατικό Ι.Χ. με ταχύτητα 40 km/h. Οι τιμές της κυρίας διαγωνίου του πίνακα (1.1, 2.2, 3.3, 4.4), που εμφανίζονται με έντονη γραφή, αντιστοιχούν στις αιχμές θορύβου που μετρήθηκαν από το κάθε ένα από τα μικρόφωνα. Συγκεκριμένα, η ένδειξη στο κελί 2.2 του πίνακα αντιπροσωπεύει την αιχμή θορύβου λόγω της διέλευσης από τη Διάταξη 1, αυτή στο κελί 4.4 αντιπροσωπεύει την αιχμή θορύβου λόγω της διέλευσης από τη Διάταξη 2, ενώ για να ληφθεί μία τιμή αιχμής του θορύβου που δημιουργείται από τη διέλευση επί του οδοστρώματος μπορεί να υπολογιστεί ο μέσος όρος των ενδείξεων των κελιών 1.1 και 3.3. Το πλήρες μητρώο των μετρήσεων, που συνίσταται από τους πίνακες όλων των διελεύσεων που πραγματοποιήθηκαν από τους δύο τύπους οχημάτων, παρουσιάζεται στη συνέχεια.

Στο επάνω μέρος κάθε πίνακα, εμφανίζεται η ταχύτητα με την οποία πραγματοποίησε το όχημα τη διέλευση, ο αριθμός της διέλευσης καθώς και ο τύπος του οχήματος. Έτσι, για παράδειγμα, ο πίνακας της προηγούμενης σελίδας αντιστοιχεί στην πρώτη από τις διελεύσεις που πραγματοποίησε το Ι.Χ. με ταχύτητα 40 km/h. Από τη σειρά αυτή των πινάκων, συγκεντρώθηκαν όλες οι τιμές αιχμών που μετρήθηκαν κατά τη διάρκεια του πειράματος, οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν για τη δημιουργία μίας σειράς από διαγράμματα τα οποία παρουσιάζονται στην επόμενη παράγραφο (5.2.).

Διέλευση 1η	I.X.			
Ταχύτητα 10 km/h				
Τιμή θορύβου καταγραφόμενη από το:	Τιμή θορύβου καταγραφόμενη από το :			
	Μικρόφωνο 1	Μικρόφωνο 2	Μικρόφωνο 3	Μικρόφωνο 4
Μικρόφωνο 1	65,4	50,5	45,3	42,2
Μικρόφωνο 2	54,8	65,4	50,2	46
Μικρόφωνο 3	50	53,8	67	51,8
Μικρόφωνο 4	49,6	51,6	55,2	65,4

Διέλευση 2η	I.X.			
Ταχύτητα 10 km/h				
Διέλευση μπροστά από το:	Τιμή θορύβου καταγραφόμενη από το :			
	Μικρόφωνο 1	Μικρόφωνο 2	Μικρόφωνο 3	Μικρόφωνο 4
Μικρόφωνο 1	64,1	52,2	43,6	40,4
Μικρόφωνο 2	54,8	65,9	49,1	44
Μικρόφωνο 3	50,9	57	65	51,5
Μικρόφωνο 4	54,2	52,9	54	64

Διέλευση 1η	I.X.			
Ταχύτητα 20 km/h				
Διέλευση μπροστά από το:	Τιμή θορύβου καταγραφόμενη από το :			
	Μικρόφωνο 1	Μικρόφωνο 2	Μικρόφωνο 3	Μικρόφωνο 4
Μικρόφωνο 1	68,3	59,3	57,4	58,1
Μικρόφωνο 2	61,5	72	60,7	56,9
Μικρόφωνο 3	58	60,5	72,2	57,5
Μικρόφωνο 4	57,5	54,6	62,3	73

Πλήρες μητρώο μετρήσεων για το I.X. (1)

Διέλευση 2η	I.X.			
Ταχύτητα 20 km/h				
Διέλευση μπροστά από το:	Τιμή θορύβου καταγραφόμενη από το :			
	Μικρόφωνο 1	Μικρόφωνο 2	Μικρόφωνο 3	Μικρόφωνο 4
Μικρόφωνο 1	69	56,3	49,7	43
Μικρόφωνο 2	59,4	71,6	56,8	47,3
Μικρόφωνο 3	54,6	59	70,4	54,4
Μικρόφωνο 4	53,2	52,4	56,5	72,7

Διέλευση 3η	I.X.			
Ταχύτητα 20 km/h				
Διέλευση μπροστά από το:	Τιμή θορύβου καταγραφόμενη από το :			
	Μικρόφωνο 1	Μικρόφωνο 2	Μικρόφωνο 3	Μικρόφωνο 4
Μικρόφωνο 1	71,4	60,6	49,5	46,3
Μικρόφωνο 2	59,5	72,9	54,8	48,5
Μικρόφωνο 3	54,5	59,9	74,8	56,3
Μικρόφωνο 4	53,1	56	58,8	74,1

Διέλευση 4η	I.X.			
Ταχύτητα 20 km/h				
Διέλευση μπροστά από το:	Τιμή θορύβου καταγραφόμενη από το :			
	Μικρόφωνο 1	Μικρόφωνο 2	Μικρόφωνο 3	Μικρόφωνο 4
Μικρόφωνο 1	73,3	59,3	49,1	46
Μικρόφωνο 2	62,2	74,8	55,2	49,6
Μικρόφωνο 3	55,3	60,5	74,3	56,1
Μικρόφωνο 4	54,1	55,1	60,2	72,4

Πλήρες μητρώο μετρήσεων για το I.X. (2)

Διέλευση 5η	I.X.			
Ταχύτητα 20 km/h				
Διέλευση μπροστά από το:	Τιμή θορύβου καταγραφόμενη από το :			
	Μικρόφωνο 1	Μικρόφωνο 2	Μικρόφωνο 3	Μικρόφωνο 4
Μικρόφωνο 1	73,9	58,6	50,6	44,8
Μικρόφωνο 2	62,4	74,4	57,2	49
Μικρόφωνο 3	56,2	63	74,3	58
Μικρόφωνο 4	53,1	55,3	58,9	75,1

Διέλευση 1η	I.X.			
Ταχύτητα 30 km/h				
Διέλευση μπροστά από το:	Τιμή θορύβου καταγραφόμενη από το :			
	Μικρόφωνο 1	Μικρόφωνο 2	Μικρόφωνο 3	Μικρόφωνο 4
Μικρόφωνο 1	73,1	60,7	51,9	48,2
Μικρόφωνο 2	64,3	77,5	58,1	52
Μικρόφωνο 3	57,9	65,2	74,2	61,9
Μικρόφωνο 4	54	57,4	61,5	78,7

Διέλευση 2η	I.X.			
Ταχύτητα 30 km/h				
Διέλευση μπροστά από το:	Τιμή θορύβου καταγραφόμενη από το :			
	Μικρόφωνο 1	Μικρόφωνο 2	Μικρόφωνο 3	Μικρόφωνο 4
Μικρόφωνο 1	74,7	62,2	53,3	46,6
Μικρόφωνο 2	64,8	77,7	58,9	50,9
Μικρόφωνο 3	57,3	64,5	75,4	59,4
Μικρόφωνο 4	54,8	57,6	61,5	76,9

Πλήρες μητρώο μετρήσεων για το I.X. (3)

Διέλευση 3η	I.X.			
Ταχύτητα 30 km/h				
Διέλευση μπροστά από το:	Τιμή θορύβου καταγραφόμενη από το :			
	Μικρόφωνο 1	Μικρόφωνο 2	Μικρόφωνο 3	Μικρόφωνο 4
Μικρόφωνο 1	75,2	63,7	53,5	48,7
Μικρόφωνο 2	66,2	78,2	57,9	53,6
Μικρόφωνο 3	57,2	67	73,4	60,3
Μικρόφωνο 4	52,9	58,9	59,9	78,3

Διέλευση 1η	I.X.			
Ταχύτητα 40 km/h				
Διέλευση μπροστά από το:	Τιμή θορύβου καταγραφόμενη από το :			
	Μικρόφωνο 1	Μικρόφωνο 2	Μικρόφωνο 3	Μικρόφωνο 4
Μικρόφωνο 1	75,2	63,7	53,5	48,7
Μικρόφωνο 2	66,2	78,2	57,9	53,6
Μικρόφωνο 3	57,2	67	73,4	60,3
Μικρόφωνο 4	52,9	58,9	59,9	78,3

Διέλευση 2η	I.X.			
Ταχύτητα 40 km/h				
Διέλευση μπροστά από το:	Τιμή θορύβου καταγραφόμενη από το :			
	Μικρόφωνο 1	Μικρόφωνο 2	Μικρόφωνο 3	Μικρόφωνο 4
Μικρόφωνο 1	77,9	65,9	54,6	52,8
Μικρόφωνο 2	68,8	80,3	60,9	56,9
Μικρόφωνο 3	62,9	65,4	76,6	64,6
Μικρόφωνο 4	57,6	57,7	63,2	83,7

Πλήρες μητρώο μετρήσεων για το I.X. (4)

Διέλευση 3η	I.X.			
Ταχύτητα 40 km/h				
Διέλευση μπροστά από το:	Τιμή θορύβου καταγραφόμενη από το :			
	Μικρόφωνο 1	Μικρόφωνο 2	Μικρόφωνο 3	Μικρόφωνο 4
Μικρόφωνο 1	79,3	67,3	56,7	53
Μικρόφωνο 2	68,6	82,2	63	56,1
Μικρόφωνο 3	61,8	68,6	77,2	63,8
Μικρόφωνο 4	55,9	57,2	64	81,9

Διέλευση 4η	I.X.			
Ταχύτητα 40 km/h				
Διέλευση μπροστά από το:	Τιμή θορύβου καταγραφόμενη από το :			
	Μικρόφωνο 1	Μικρόφωνο 2	Μικρόφωνο 3	Μικρόφωνο 4
Μικρόφωνο 1	79,2	68,2	58,9	54,3
Μικρόφωνο 2	70	83,1	64,5	57,1
Μικρόφωνο 3	62	70	79,2	63,8
Μικρόφωνο 4	58,4	59,9	65,9	82,8

Διέλευση 1η	I.X.			
Ταχύτητα 50 km/h				
Διέλευση μπροστά από το:	Τιμή θορύβου καταγραφόμενη από το :			
	Μικρόφωνο 1	Μικρόφωνο 2	Μικρόφωνο 3	Μικρόφωνο 4
Μικρόφωνο 1	81,6	71,6	62,5	61,9
Μικρόφωνο 2	70,8	85,6	66,1	63,5
Μικρόφωνο 3	62,8	72,4	80,5	71,2
Μικρόφωνο 4	58	61,1	67,6	86,1

Πλήρες μητρώο μετρήσεων για το I.X. (5)

Διέλευση 2η	I.X.			
Ταχύτητα 50 km/h				
Διέλευση μπροστά από το:	Τιμή θορύβου καταγραφόμενη από το :			
	Μικρόφωνο 1	Μικρόφωνο 2	Μικρόφωνο 3	Μικρόφωνο 4
Μικρόφωνο 1	80,1	69,8	61,2	62,4
Μικρόφωνο 2	71,5	84,8	66,2	63,6
Μικρόφωνο 3	64,7	71,1	80,6	66,3
Μικρόφωνο 4	59,7	61,1	66	85,9

Διέλευση 3η	I.X.			
Ταχύτητα 50 km/h				
Διέλευση μπροστά από το:	Τιμή θορύβου καταγραφόμενη από το :			
	Μικρόφωνο 1	Μικρόφωνο 2	Μικρόφωνο 3	Μικρόφωνο 4
Μικρόφωνο 1	80,9	69,9	63,3	60,5
Μικρόφωνο 2	71,9	86	66	60,4
Μικρόφωνο 3	65,1	72,9	80,3	66,5
Μικρόφωνο 4	58,6	63,1	68,3	86,7

Διέλευση 1η	I.X.			
Ταχύτητα 60 km/h				
Διέλευση μπροστά από το:	Τιμή θορύβου καταγραφόμενη από το :			
	Μικρόφωνο 1	Μικρόφωνο 2	Μικρόφωνο 3	Μικρόφωνο 4
Μικρόφωνο 1	82	74	64,9	67,9
Μικρόφωνο 2	72,7	88	69,4	67,8
Μικρόφωνο 3	65	76,4	83,4	74,7
Μικρόφωνο 4	58,9	64,9	70,9	88,1

Πλήρες μητρώο μετρήσεων για το I.X. (6)

Διέλευση 2η	I.X.			
Ταχύτητα 60 km/h				
Διέλευση μπροστά από το:	Τιμή θορύβου καταγραφόμενη από το :			
	Μικρόφωνο 1	Μικρόφωνο 2	Μικρόφωνο 3	Μικρόφωνο 4
Μικρόφωνο 1	83,4	73,4	65,2	63,7
Μικρόφωνο 2	74,1	87,6	67,9	66,1
Μικρόφωνο 3	66,2	76	83	71
Μικρόφωνο 4	61,8	67,2	71,1	88,5

Πλήρες μητρώο μετρήσεων για το I.X. (7)

Διέλευση 1η	SUV			
Ταχύτητα 40 km/h				
Διέλευση μπροστά από το:	Τιμή θορύβου καταγραφόμενη από το :			
	Μικρόφωνο 1	Μικρόφωνο 2	Μικρόφωνο 3	Μικρόφωνο 4
Μικρόφωνο 1	75,1	64,5	57,3	52,1
Μικρόφωνο 2	64,8	79,1	62,5	59,2
Μικρόφωνο 3	57,2	66,5	76,3	63,9
Μικρόφωνο 4	53,3	59,3	61,7	79,2

Διέλευση 2η	SUV			
Ταχύτητα 40 km/h				
Διέλευση μπροστά από το:	Τιμή θορύβου καταγραφόμενη από το :			
	Μικρόφωνο 1	Μικρόφωνο 2	Μικρόφωνο 3	Μικρόφωνο 4
Μικρόφωνο 1	73,9	64,8	57,2	52,2
Μικρόφωνο 2	64,5	79,3	62	55,7
Μικρόφωνο 3	57,5	64,7	75,2	61,6
Μικρόφωνο 4	53,6	55,7	62	75,9

Διέλευση 3η	SUV			
Ταχύτητα 40 km/h				
Διέλευση μπροστά από το:	Τιμή θορύβου καταγραφόμενη από το :			
	Μικρόφωνο 1	Μικρόφωνο 2	Μικρόφωνο 3	Μικρόφωνο 4
Μικρόφωνο 1	72,5	65,2	58,4	51,5
Μικρόφωνο 2	68,8	77,7	61,5	55,4
Μικρόφωνο 3	64,4	64,5	76,7	64,9
Μικρόφωνο 4	59,3	58,6	61,8	79,6

Πλήρες μητρώο μετρήσεων για το S.U.V. (1)

Διέλευση 1η	SUV			
Ταχύτητα 50 km/h				
Διέλευση μπροστά από το:	Τιμή θορύβου καταγραφόμενη από το :			
	Μικρόφωνο 1	Μικρόφωνο 2	Μικρόφωνο 3	Μικρόφωνο 4
Μικρόφωνο 1	78,3	67,1	59,1	54,4
Μικρόφωνο 2	67,7	81,4	65,2	57,8
Μικρόφωνο 3	60,5	67,9	79,4	64,2
Μικρόφωνο 4	56,3	60,3	65,2	82

Διέλευση 2η	SUV			
Ταχύτητα 50 km/h				
Διέλευση μπροστά από το:	Τιμή θορύβου καταγραφόμενη από το :			
	Μικρόφωνο 1	Μικρόφωνο 2	Μικρόφωνο 3	Μικρόφωνο 4
Μικρόφωνο 1	80,8	67,5	60,5	58,6
Μικρόφωνο 2	72,6	82,8	66,1	61,8
Μικρόφωνο 3	68,8	69,1	80,2	68,2
Μικρόφωνο 4	65,2	60,9	66,7	82,7

Διέλευση 1η	SUV			
Ταχύτητα 60 km/h				
Διέλευση μπροστά από το:	Τιμή θορύβου καταγραφόμενη από το :			
	Μικρόφωνο 1	Μικρόφωνο 2	Μικρόφωνο 3	Μικρόφωνο 4
Μικρόφωνο 1	80,7	71	64,4	59,8
Μικρόφωνο 2	70	84,4	69,1	62,2
Μικρόφωνο 3	63,2	72,1	83,7	70,1
Μικρόφωνο 4	58,7	63,5	70,1	85,8

Πλήρες μητρώο μετρήσεων για το S.U.V. (2)

Διέλευση 2η	SUV			
Ταχύτητα 60 km/h				
Διέλευση μπροστά από το:	Τιμή θορύβου καταγραφόμενη από το :			
	Μικρόφωνο 1	Μικρόφωνο 2	Μικρόφωνο 3	Μικρόφωνο 4
Μικρόφωνο 1	80,9	68,8	61,9	57,8
Μικρόφωνο 2	69,4	83	67,4	62,5
Μικρόφωνο 3	62,7	69,2	82,3	67,1
Μικρόφωνο 4	59,2	62	68,3	84,8

Διέλευση 3η	SUV			
Ταχύτητα 60 km/h				
Διέλευση μπροστά από το:	Τιμή θορύβου καταγραφόμενη από το :			
	Μικρόφωνο 1	Μικρόφωνο 2	Μικρόφωνο 3	Μικρόφωνο 4
Μικρόφωνο 1	83,3	72,8	65	60,9
Μικρόφωνο 2	72,3	86,2	69,1	64,7
Μικρόφωνο 3	67,3	74,4	84,3	69,3
Μικρόφωνο 4	61	66,2	70,3	86

Πλήρες μητρώο μετρήσεων για το S.U.V. (3)

5.2. Γραφική παρουσίαση αποτελεσμάτων

Στις επόμενες σελίδες βρίσκονται τα βασικότερα από τα διαγράμματα που προέκυψαν από την επεξεργασία που ακολούθησε τη συγκέντρωση των στοιχείων και αφορούν τις τιμές αιχμών θορύβου που καταγράφηκαν κατά τη διάρκεια των μετρήσεων. Συγκεκριμένα:

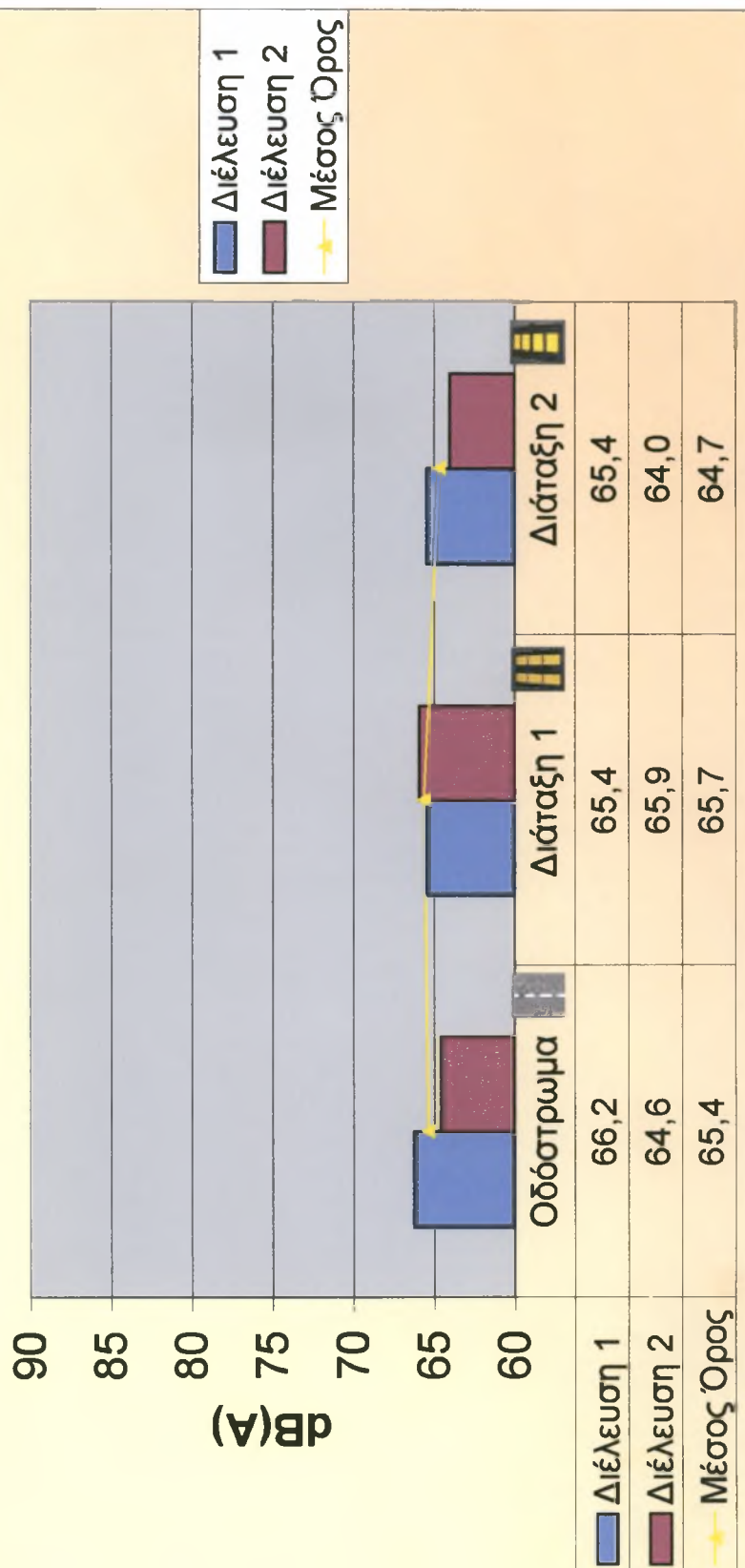
- Στα Διαγράμματα 5.1. έως 5.6. παρουσιάζονται με τη μορφή στηλών οι τιμές των αιχμών θορύβου που καταγράφηκαν για κάθε διέλευση του Ι.Χ. μπροστά από τις διατάξεις 1 και 2 καθώς και από το οδόστρωμα, με ταχύτητες από 10 km/h έως 60 km/h αντίστοιχα.. Ως τιμή αιχμής για διέλευση από τη διάταξη 1 λήφθηκε η ένδειξη του μικροφώνου 2, ενώ για αυτήν της διάταξης 2 λήφθηκε η ένδειξη του μικροφώνου 4. Ως τιμή αιχμής για διέλευση από οδόστρωμα υπολογίστηκε ο μέσος όρος των ενδείξεων των μικροφώνων 1 και 3. Με τη μορφή σημείων συνδεδεμένων με γραμμή παρουσιάζονται οι μέσοι όροι όλων των αιχμών που μετρήθηκαν κατά τις διελεύσεις από κάθε μία από τις διατάξεις.
- Στο Διάγραμμα 5.7. παρουσιάζονται συγκεντρωτικά όλες οι αιχμές θορύβου που μετρήθηκαν κατά τη διέλευση του Ι.Χ. από τη διάταξη 1. Η παρουσίαση γίνεται ξεχωριστά για κάθε μία από τις ταχύτητες διέλευσης. Για κάθε ταχύτητα εμφανίζονται με τη μορφή στηλών όλες οι αιχμές που μετρήθηκαν, μία για κάθε διέλευση που πραγματοποιήθηκε με την εν λόγω ταχύτητα. Ο μέσος όρος των τιμών για κάθε ταχύτητα παρίσταται ως σημείο επί του διαγράμματος και τα έξι σημεία που προκύπτουν συνδέονται μεταξύ τους γραμμικά. Έτσι, προσφέρεται η δυνατότητα κατά προσέγγιση εύρεσης της αιχμής και για ενδιάμεσες ταχύτητες. Τα Διαγράμματα 5.8. και 5.9. παρουσιάζουν τα ίδια ακριβώς στοιχεία για τη διέλευση από τη διάταξη 2 και για τη διέλευση από το οδόστρωμα αντίστοιχα.
- Τα Διαγράμματα 5.10. , 5.11. και 5.12. αφορούν τις διελεύσεις του S.U.V. και είναι αντίστοιχα με τα Διαγράμματα 5.1. έως 5.6. του Ι.Χ. Αντιστοιχούν δε, σε ταχύτητες διέλευσης 40 km/h, 50 km/h και 60 km/h.

- Τα Διαγράμματα 5.13. έως 5.15. είναι αντίστοιχα των Διαγραμμάτων 5.7 έως 5.9. αλλά αφορούν διελεύσεις που έγιναν με το όχημα S.U.V. και με ταχύτητες από 40 έως 60 km/h.
- Τα Διαγράμματα 5.16. έως 5.20. παρουσιάζουν την επιδείνωση της στάθμης θορύβου λόγω της διέλευσης του I.X. τόσο από τη διάταξη 1, όσο και από τη διάταξη 2 με τη μορφή στηλών. Ως επιδείνωση της στάθμης θορύβου λόγω της κάθε διάταξης, ορίστηκε η διαφορά της αιχμής θορύβου που παρουσιάστηκε κατά τη διέλευση από τη διάταξη αυτή μείον την αιχμή που παρουσιάστηκε κατά τη διέλευση από το οδόστρωμα. Κάθε ένα από τα πέντε αυτά διαγράμματα αντιστοιχεί σε μία διαφορετική ταχύτητα διέλευσης, από 20 km/h έως 60 km/h. Τα αποτελέσματα που προέκυψαν για την ταχύτητα των 10 km/h δεν προσφέρονταν για συμπεράσματα γιατί λόγω της χαμηλής ταχύτητας η επιρροή των δύο διατάξεων στις εμφανιζόμενες τιμές θορύβου ήταν αμελητέα και για τον λόγο αυτό δεν παρουσιάζεται το αντίστοιχο διάγραμμα.
- Στο Διάγραμμα 5.21. παρουσιάζονται όλες οι επιδεινώσεις των σταθμών θορύβου λόγω διέλευσης του I.X. από τη διάταξη 1 και τη διάταξη 2 συγκεντρωτικά. Η παρουσίαση γίνεται ανά ταχύτητα με τη μορφή σημείων συνδεδεμένων μεταξύ τους με γραμμή.
- Τα Διαγράμματα 5.22. έως 5.24. είναι αντίστοιχα των διαγραμμάτων 5.16. έως 5.20. αλλά αφορούν διελεύσεις του S.U.V. από τις δύο διατάξεις και το οδόστρωμα.
- Το Διάγραμμα 5.25. είναι αντίστοιχο του 5.21. αλλά αφορά διελεύσεις του S.U.V. από τις δύο διατάξεις και το οδόστρωμα.
- Στα διαγράμματα 5.26. , 5.27. και 5.28. παρουσιάζονται με τη μορφή στηλών οι μέσοι όροι αιχμών θορύβου από τις διελεύσεις με ταχύτητες 40 km/h, 50 km/h και 60 km/h αντίστοιχα και για τα δύο οχήματα. Με τη μορφή σημείων παρουσιάζεται ο μέσος όρος των τιμών που προκύπτουν από τις στήλες. Η παρουσίαση των αποτελεσμάτων γίνεται σε κάθε διάγραμμα και για το οδόστρωμα και για τις διατάξεις 1 και 2.
- Στο διάγραμμα 5.29. παρουσιάζονται οι μέσοι όροι αιχμών θορύβου κατά τη διέλευση από τη διάταξη 1 ανά ταχύτητα. Η παρουσίαση γίνεται με τρόπο παρόμοιο με των προηγούμενων διαγραμμάτων, δηλαδή σε κάθε ταχύτητα

αντιστοιχούν δύο στήλες, μία για όλες τις μετρήσεις του I.X. και μία για όλες τις μετρήσεις του S.U.V. και ένα σημείο που αναπαριστά τον μέσο όρο των δύο στηλών. Τα τρία σημεία που προκύπτουν συνδέονται μεταξύ τους γραμμικά.

- Τα Διαγράμματα 5.30. και 5.31. παρουσιάζουν τα ίδια στοιχεία με το διάγραμμα 5.29. , αλλά για διέλευση από τη διάταξη 2 και για διέλευση από το οδόστρωμα αντίστοιχα.
- Τα Διαγράμματα 5.32. , 5.33. και 5.34. , παρουσιάζουν την επιδείνωση της στάθμης θορύβου λόγω της διέλευσης τόσο από τη διάταξη 1, όσο και από τη διάταξη 2 με τη μορφή στηλών. Ουσιαστικά είναι αντίστοιχα των Διαγραμμάτων 5.16. έως 5.20. που αφορούσαν τις διελεύσεις του I.X. και 5.22. έως 5.24. που αφορούσαν τις διελεύσεις του S.U.V. , με τη διαφορά ότι αναφέρονται συγκεντρωτικά και στους δύο τύπους οχημάτων.

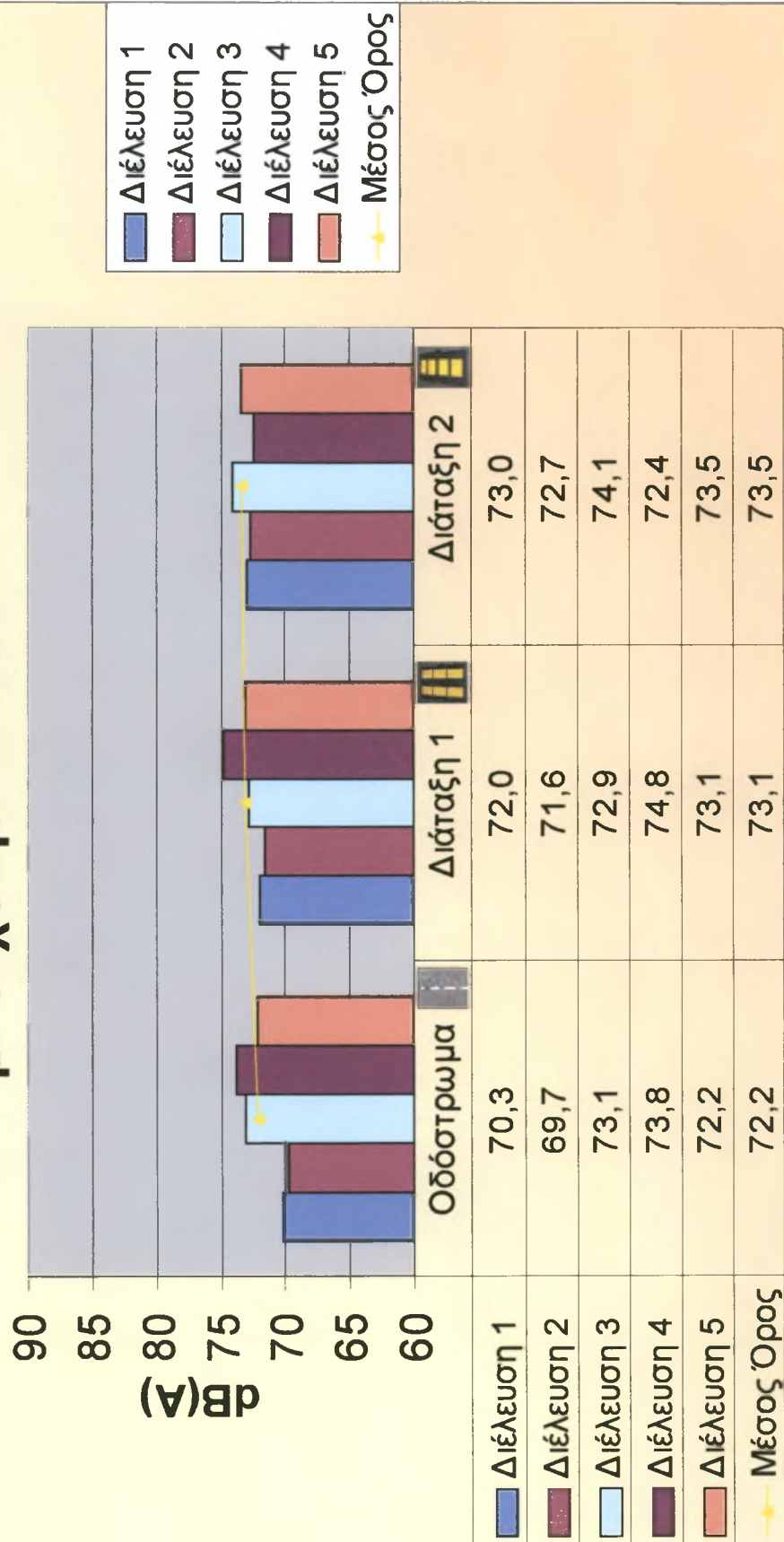
Αιχμές θορύβου (Leq 100ms) για διέλευση Ι.Χ. με ταχύτητα 10 km/h



Διαγρ. 5.1.

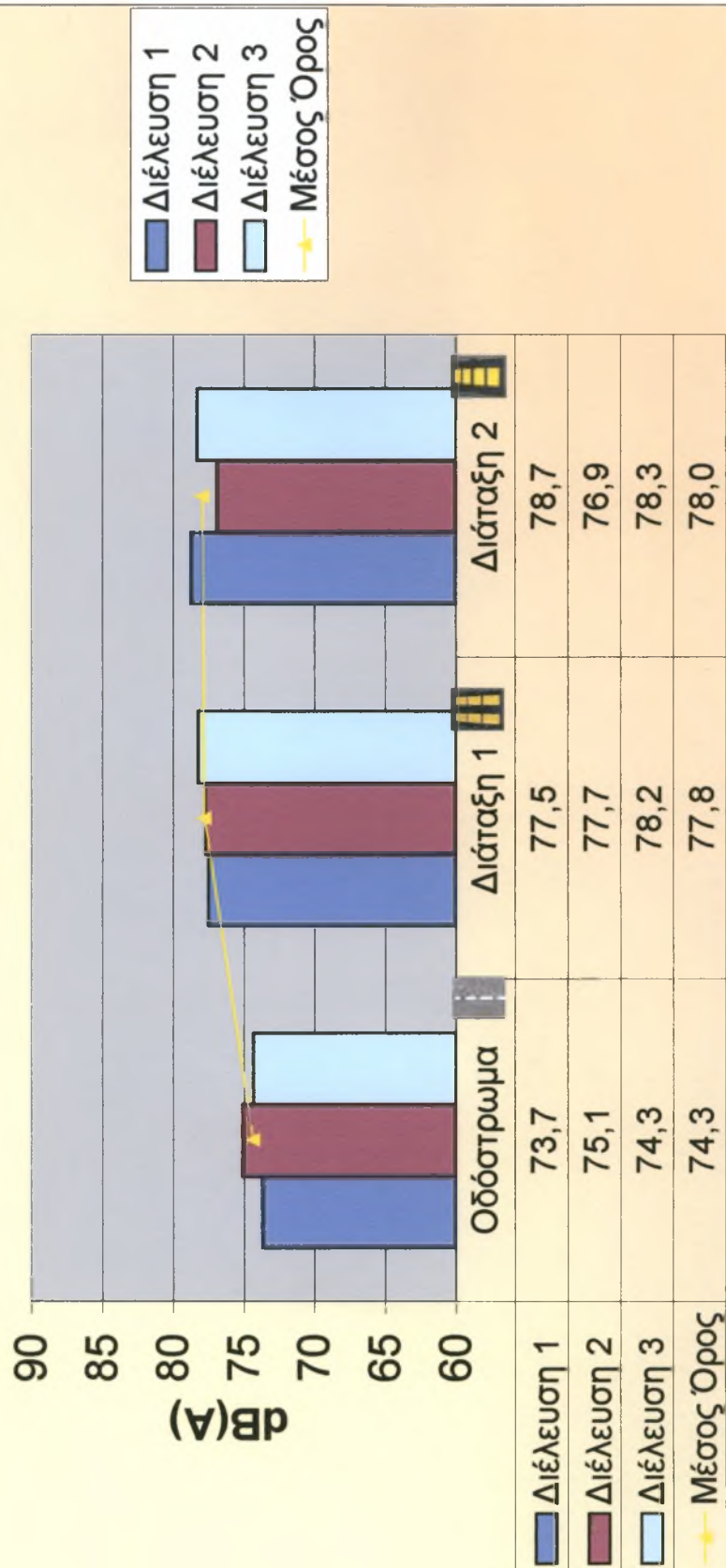


Αιχμές θορύβου (Leq 100ms) για διέλευση Ι.Χ. με ταχύτητα 20 km/h



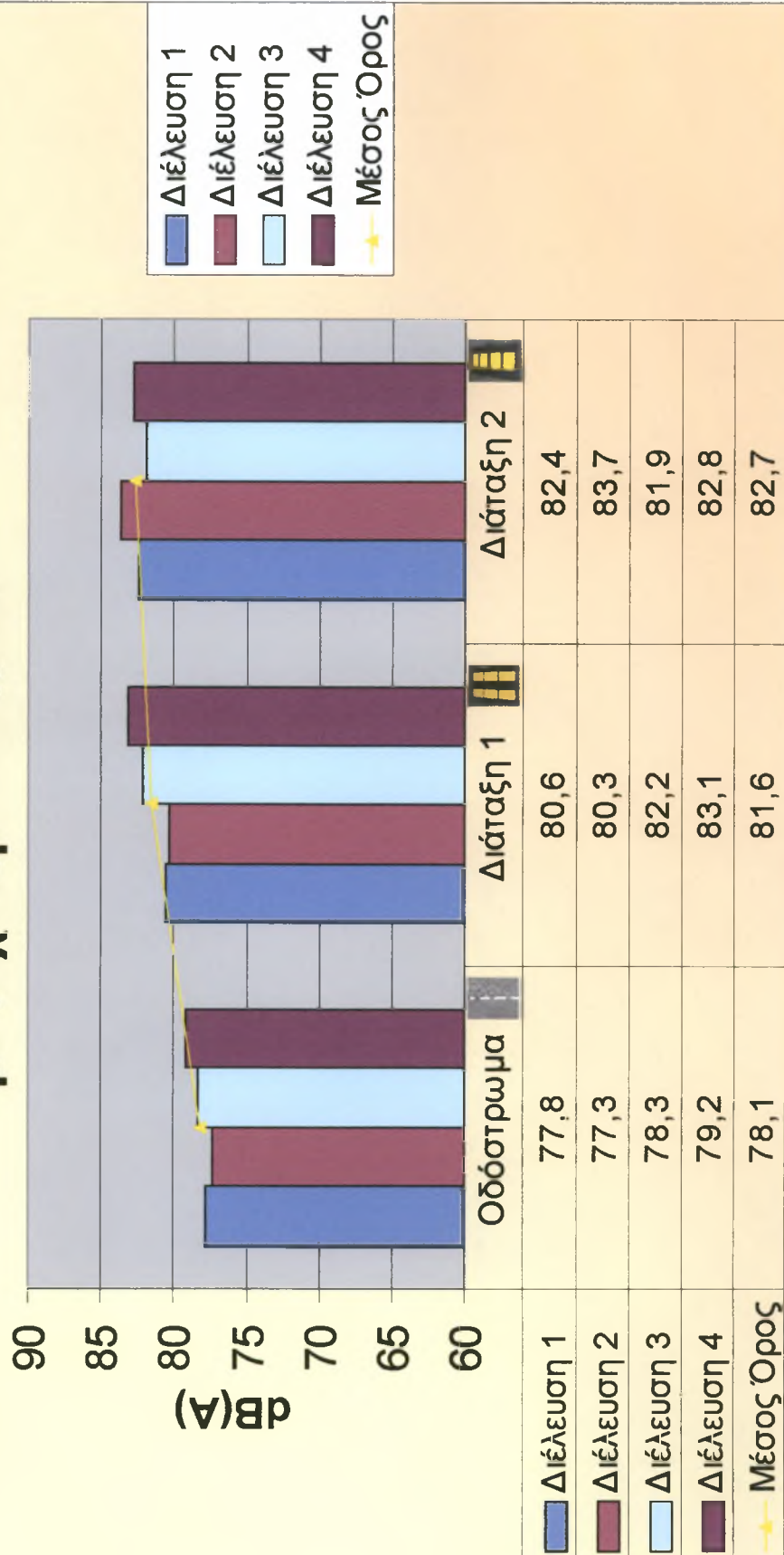
Διαγρ. 5.2.

Αιχμές θορύβου (Leq 100ms) για διέλευση Ι.Χ. με ταχύτητα 30 km/h

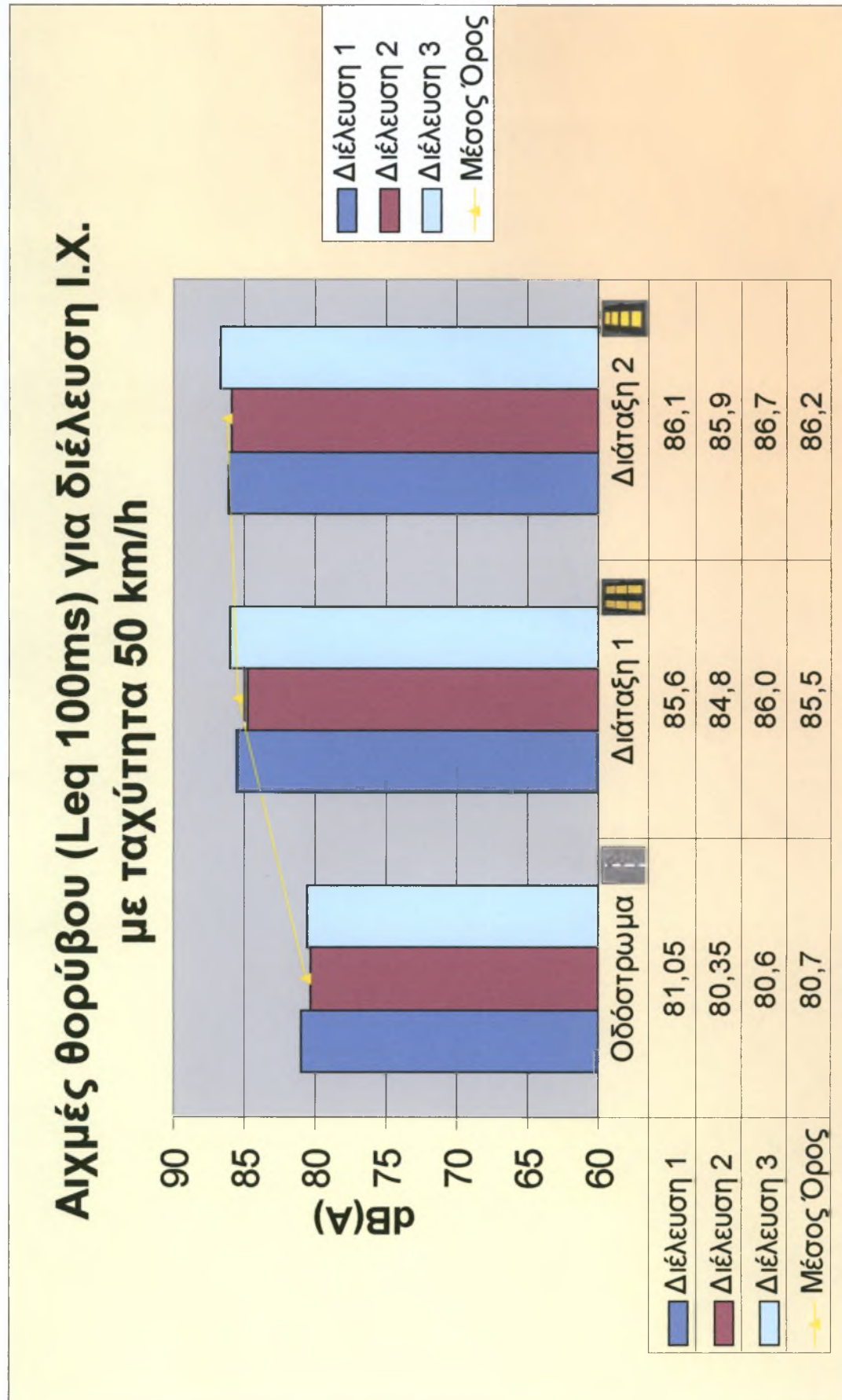


Διαγρ. 5.3.

Αιχμές θορύβου (Leq 100ms) για διέλευση Ι.Χ. με ταχύτητα 40 km/h

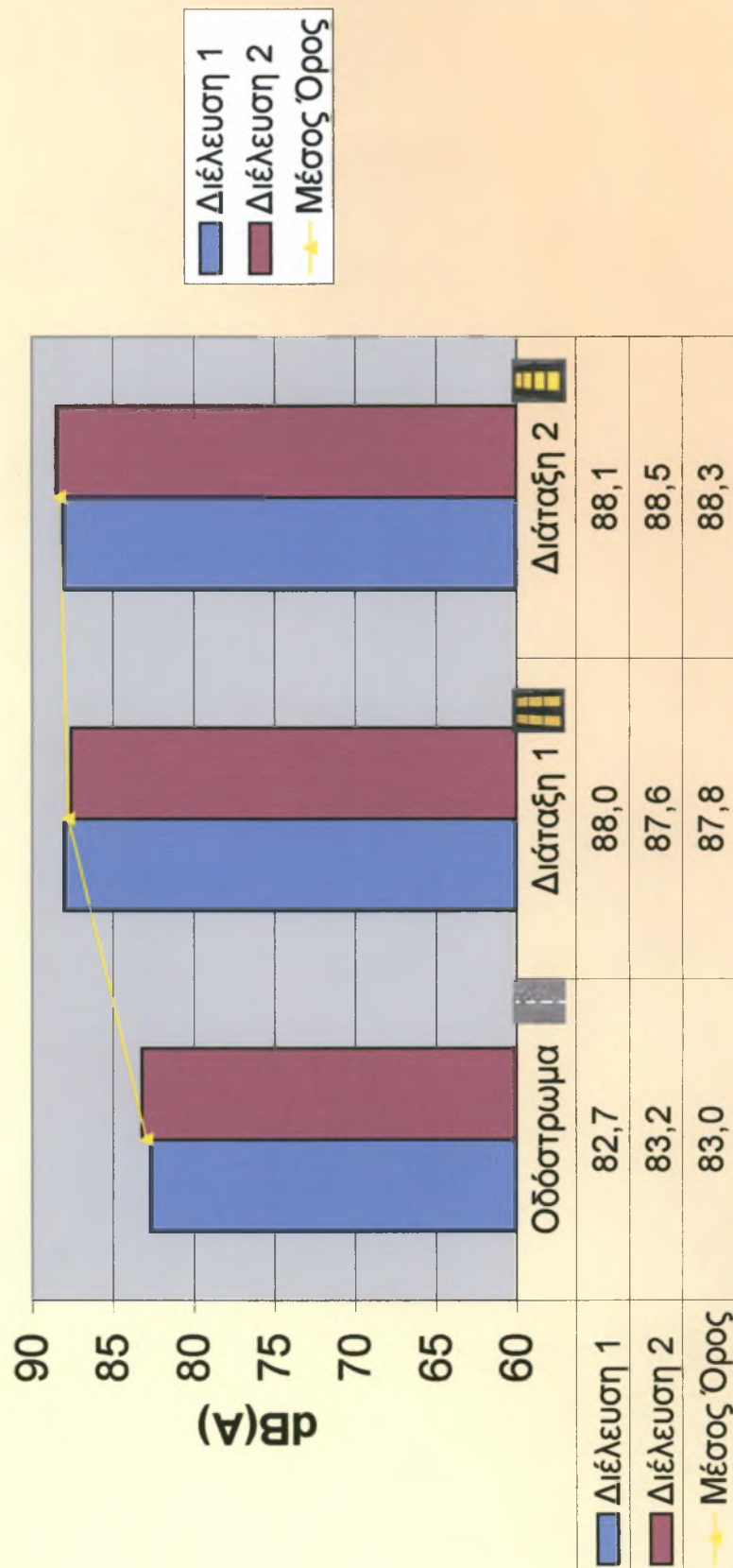


Διαγρ. 5.4.



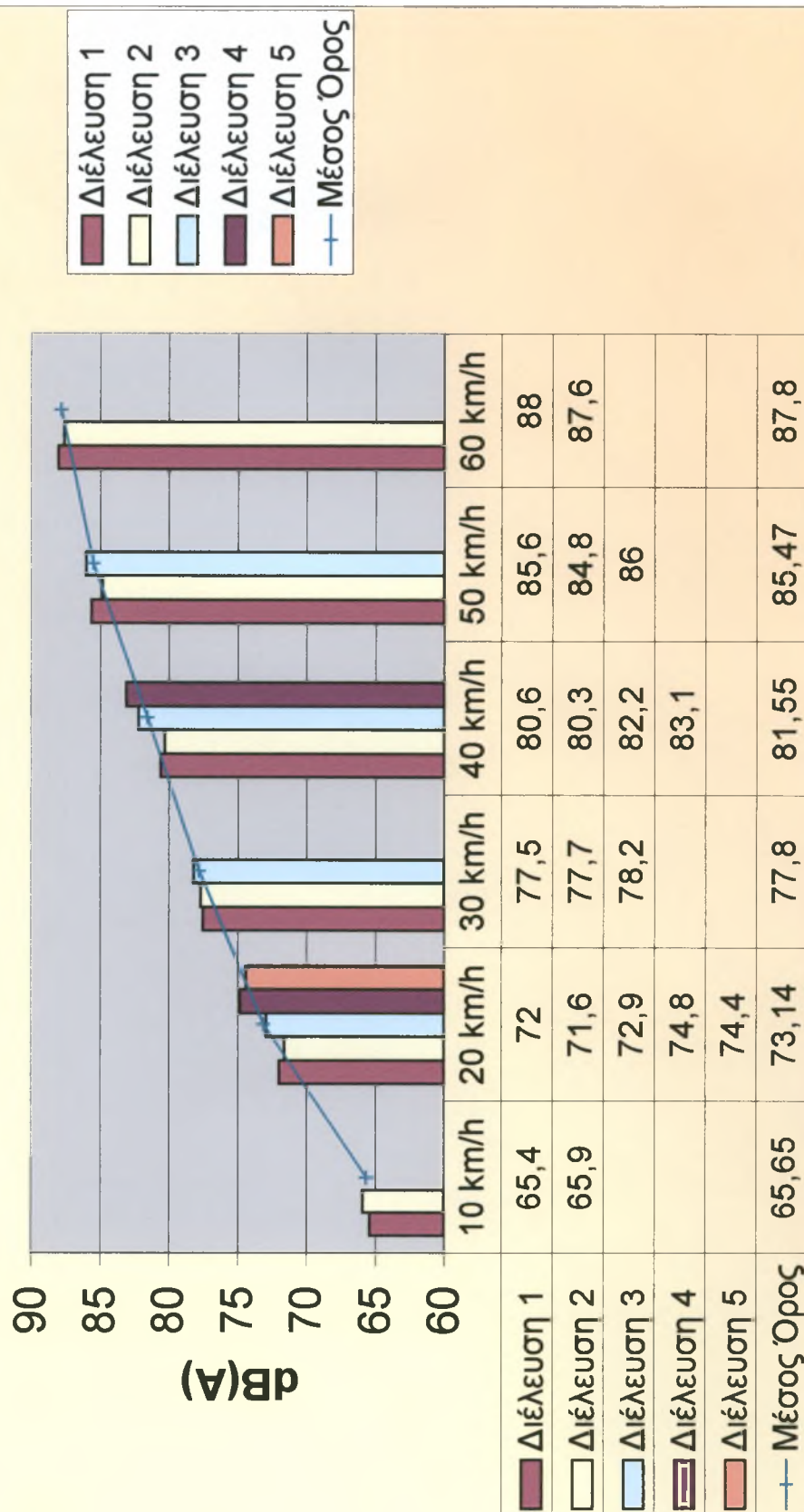
Διαγρ. 5.5.

Αιχμές θορύβου (Leq 100ms) για διέλευση Ι.Χ. με ταχύτητα 60 km/h



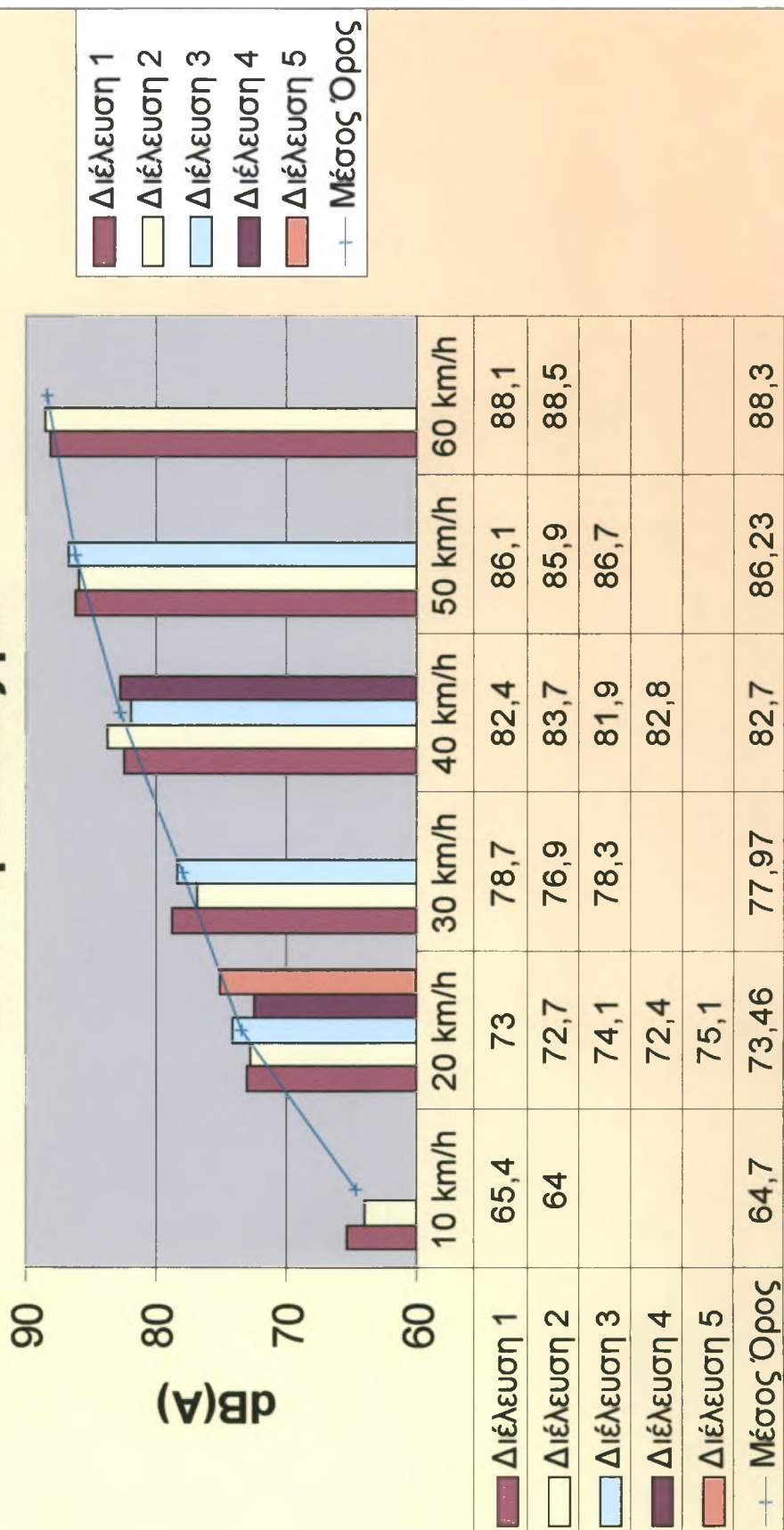
Διαγρ. 5.6.

Αιχμές θορύβου (Leq 100ms) κατά τη διέλευση Ι.Χ. από τη Διάταξη 1



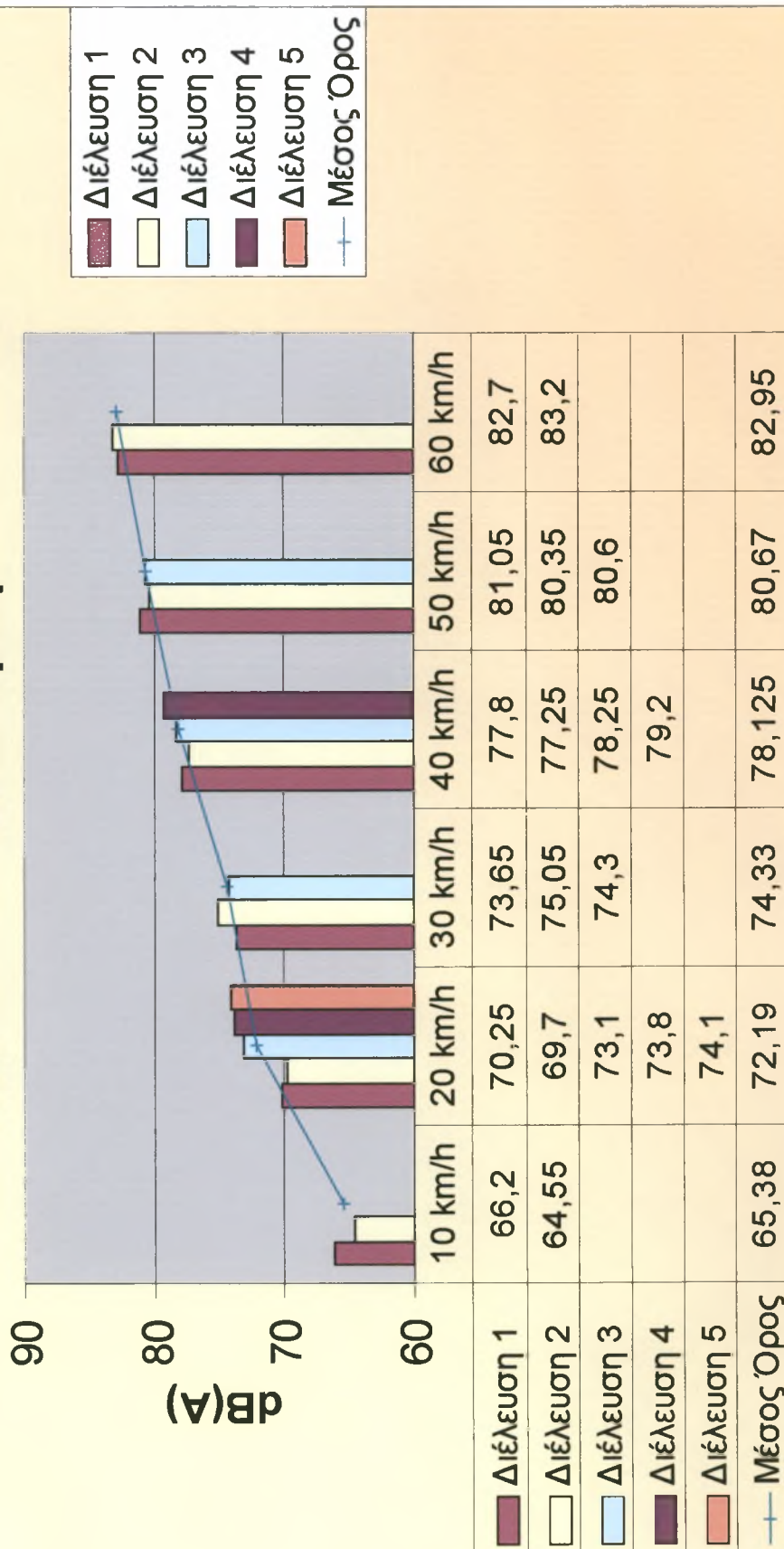
Διαγρ. 5.7.

Αιχμές θορύβου (Leq 100ms) κατά τη διέλευση Ι.Χ. από τη Διάταξη 2



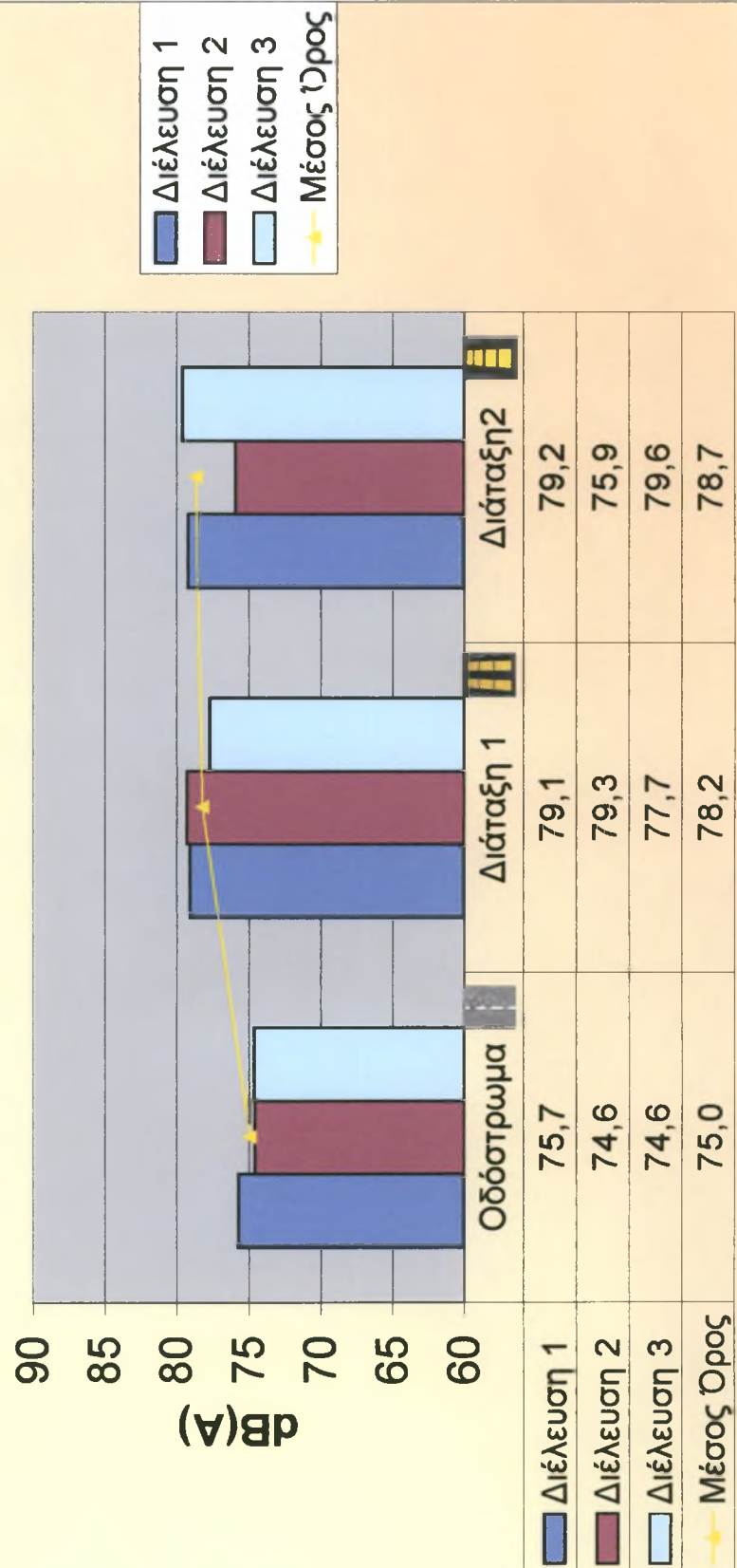
Διαγρ. 5.8.

Αιχμές θορύβου (Leq 100ms) κατά τη διέλευση Ι.Χ. από το Οδόστρωμα



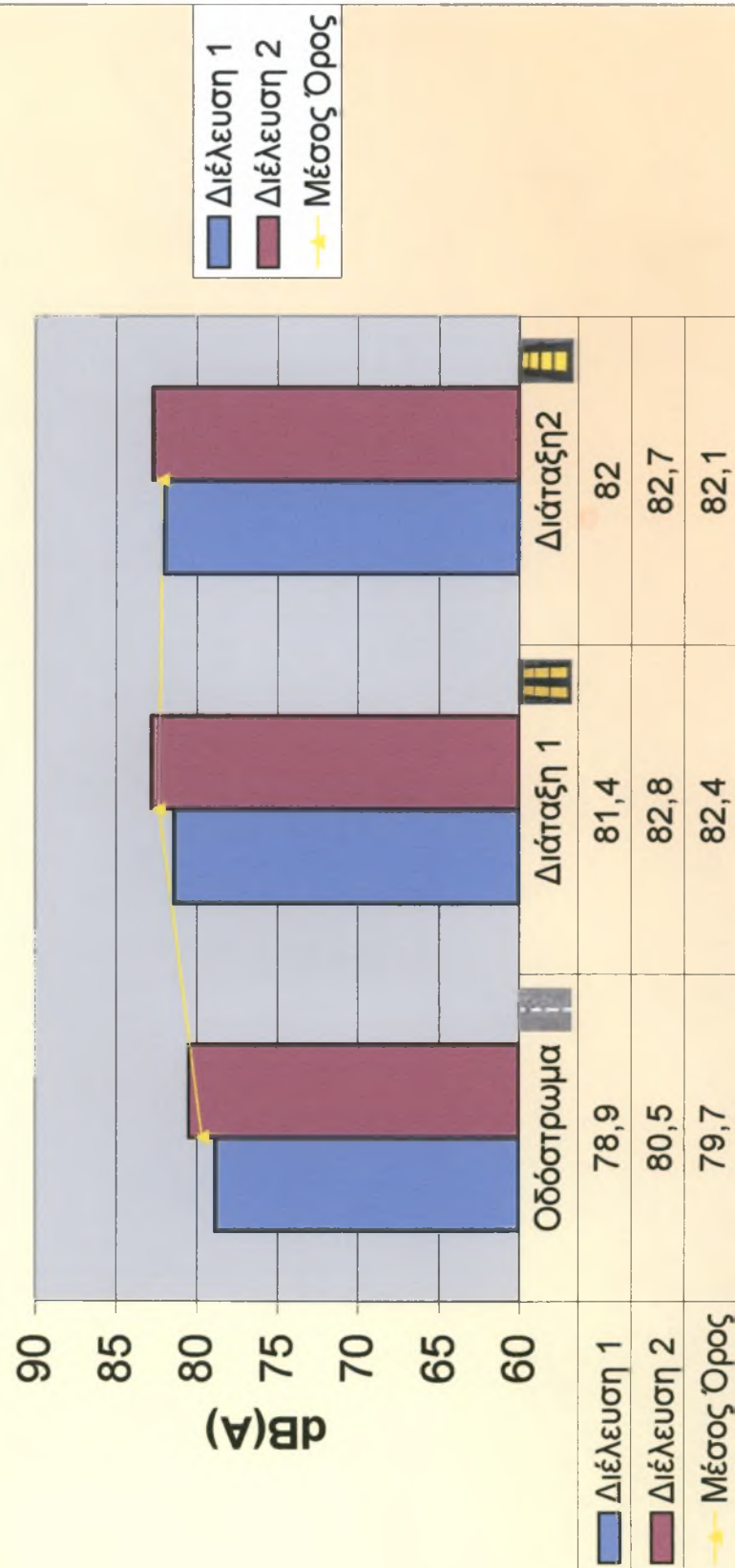
Διαγρ. 5.9.

Αιχμές θορύβου (Leq 100ms) για διέλευση S.U.V.
με ταχύτητα 40 km/h



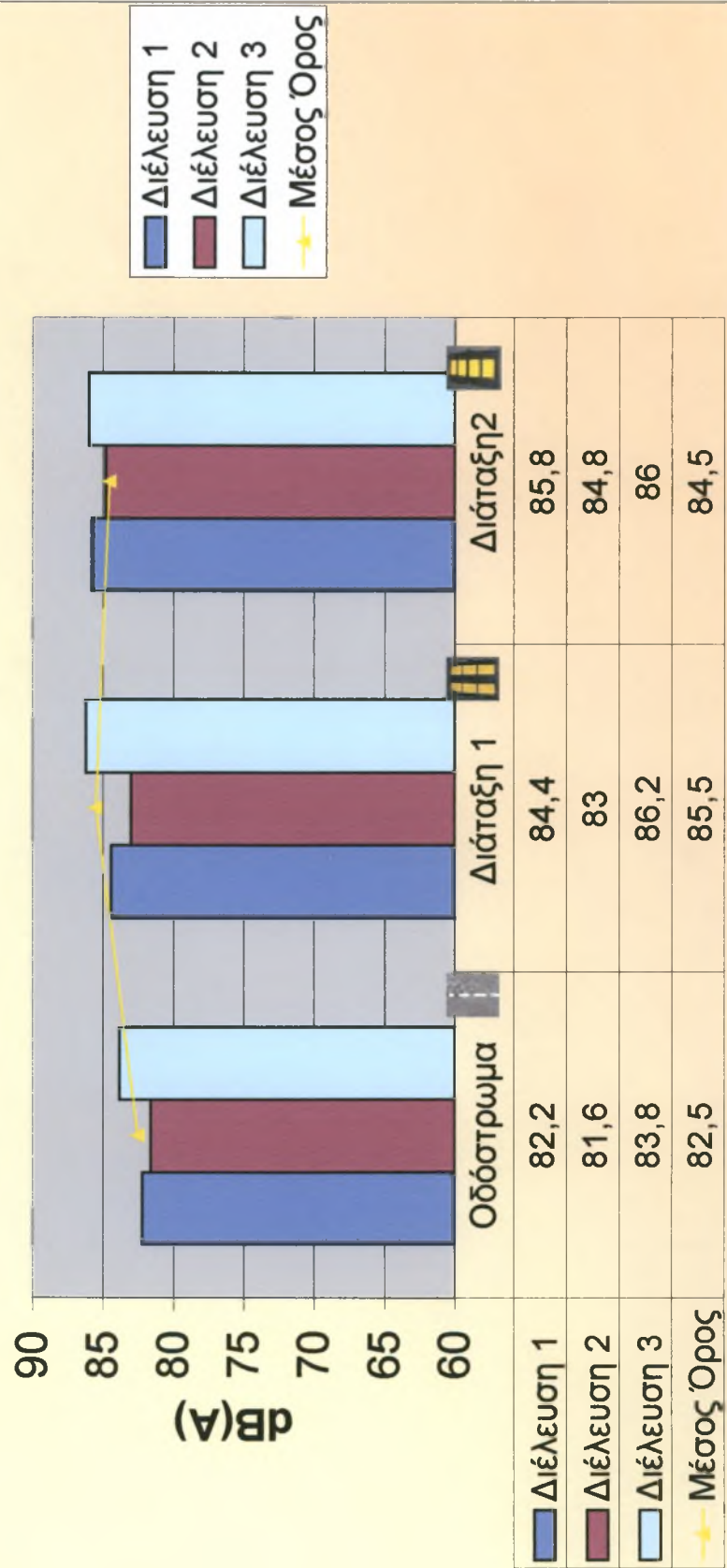
Διαγρ. 5.10.

Αιχμές θορύβου (Leq 100ms) για διέλευση S.U.V. με ταχύτητα 50 km/h



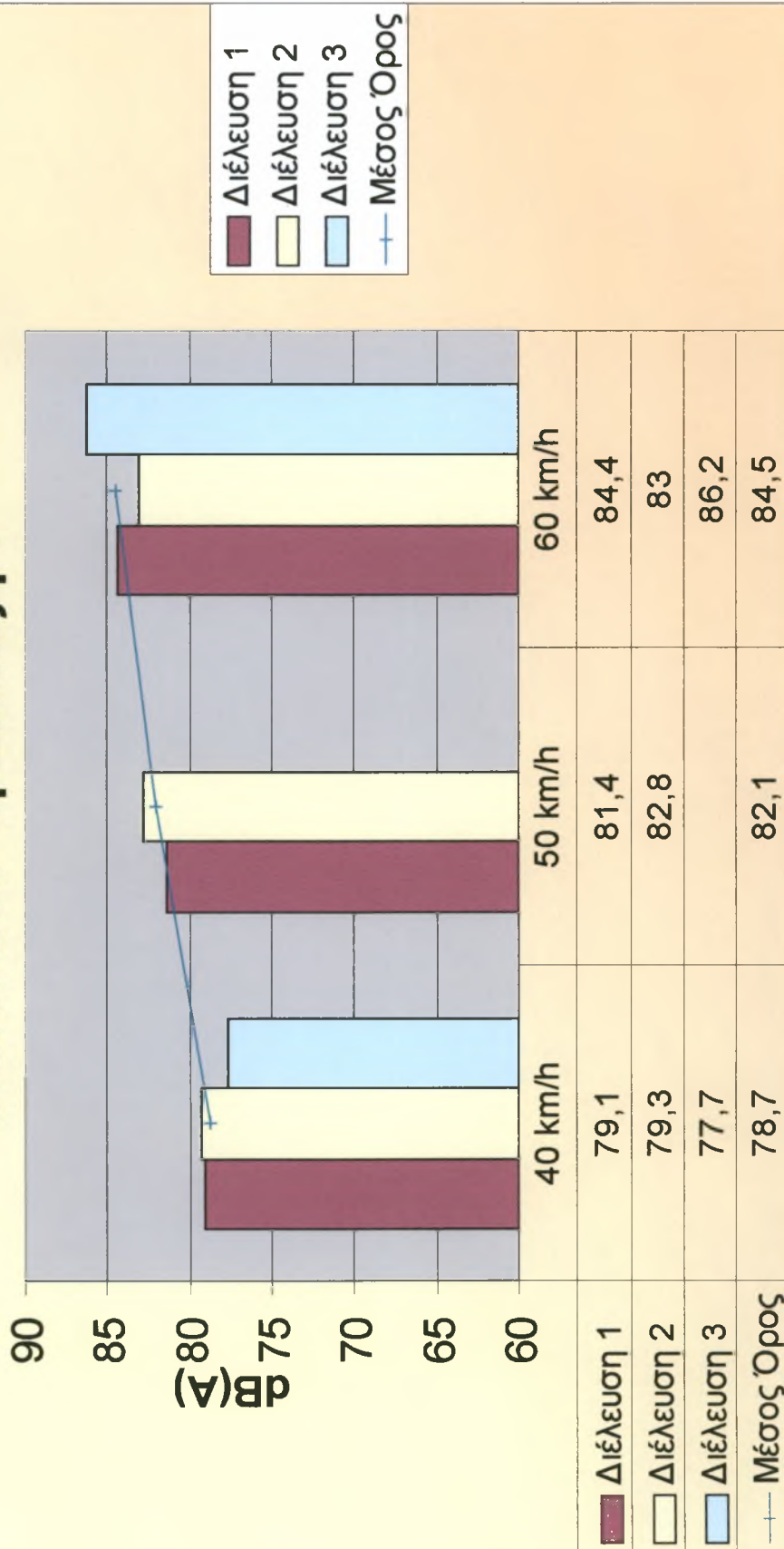
Διαγρ. 5.11.

Αιχμές θορύβου (Leq 100ms) για διέλευση S.U.V.
με ταχύτητα 60 km/h



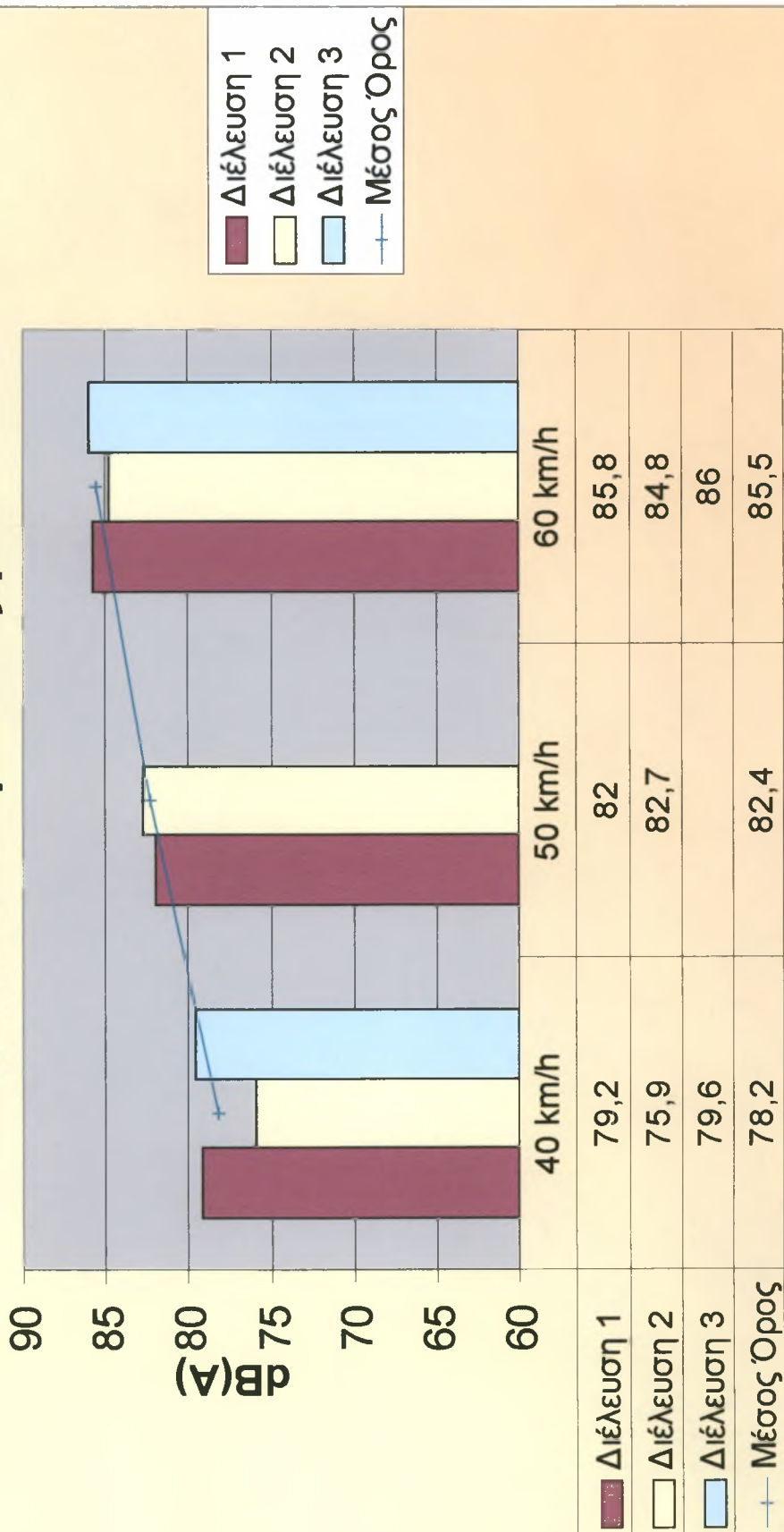
Διαγρ. 5.12.

Αιχμές θορύβου (Leq 100ms) κατά τη διέλευση S.U.V. από τη Διάταξη 1



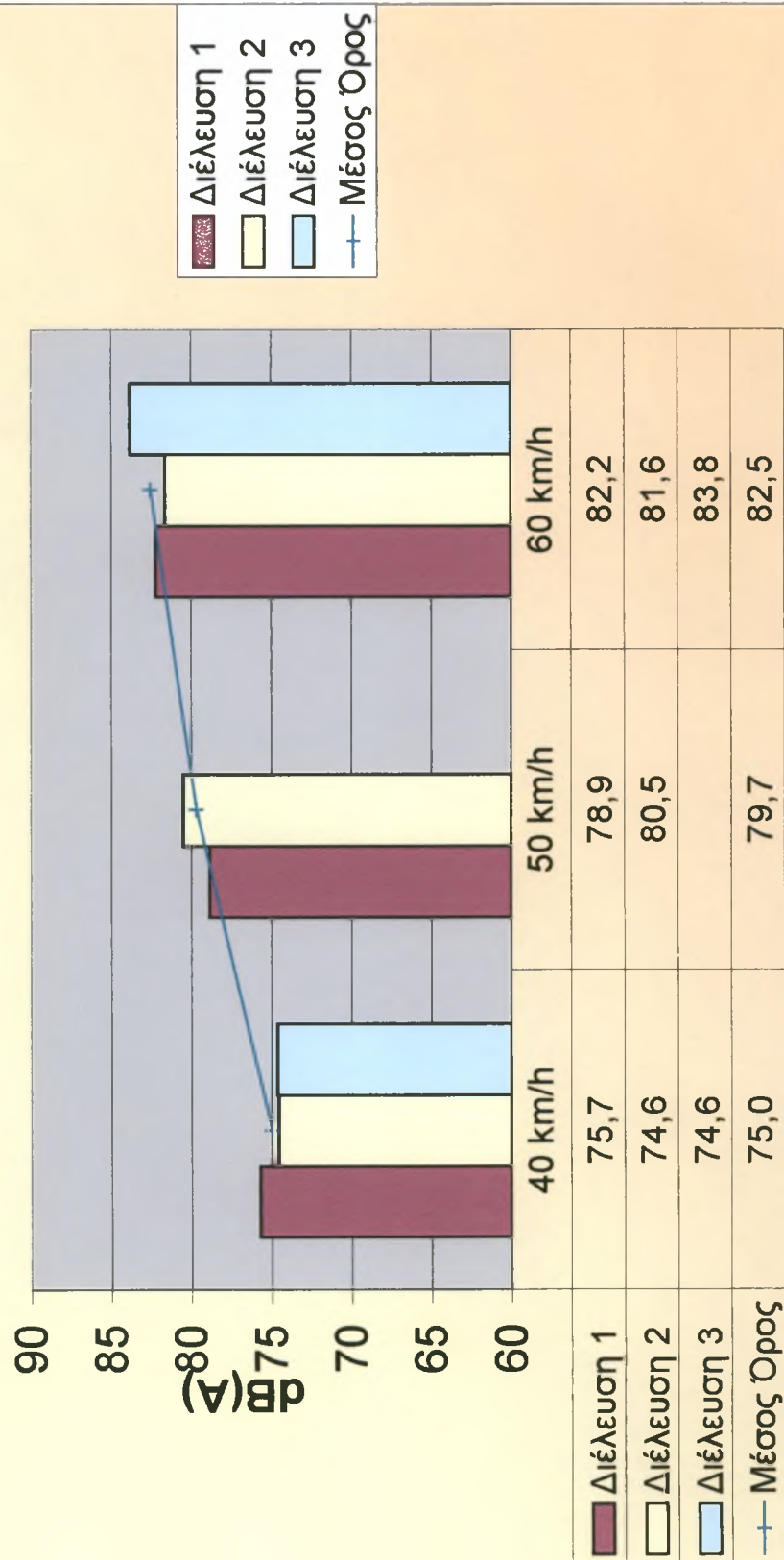
Διαγρ. 5.13.

Αιχμές θορύβου (Leq 100ms) κατά τη διέλευση S.U.V. από τη Διάταξη 2



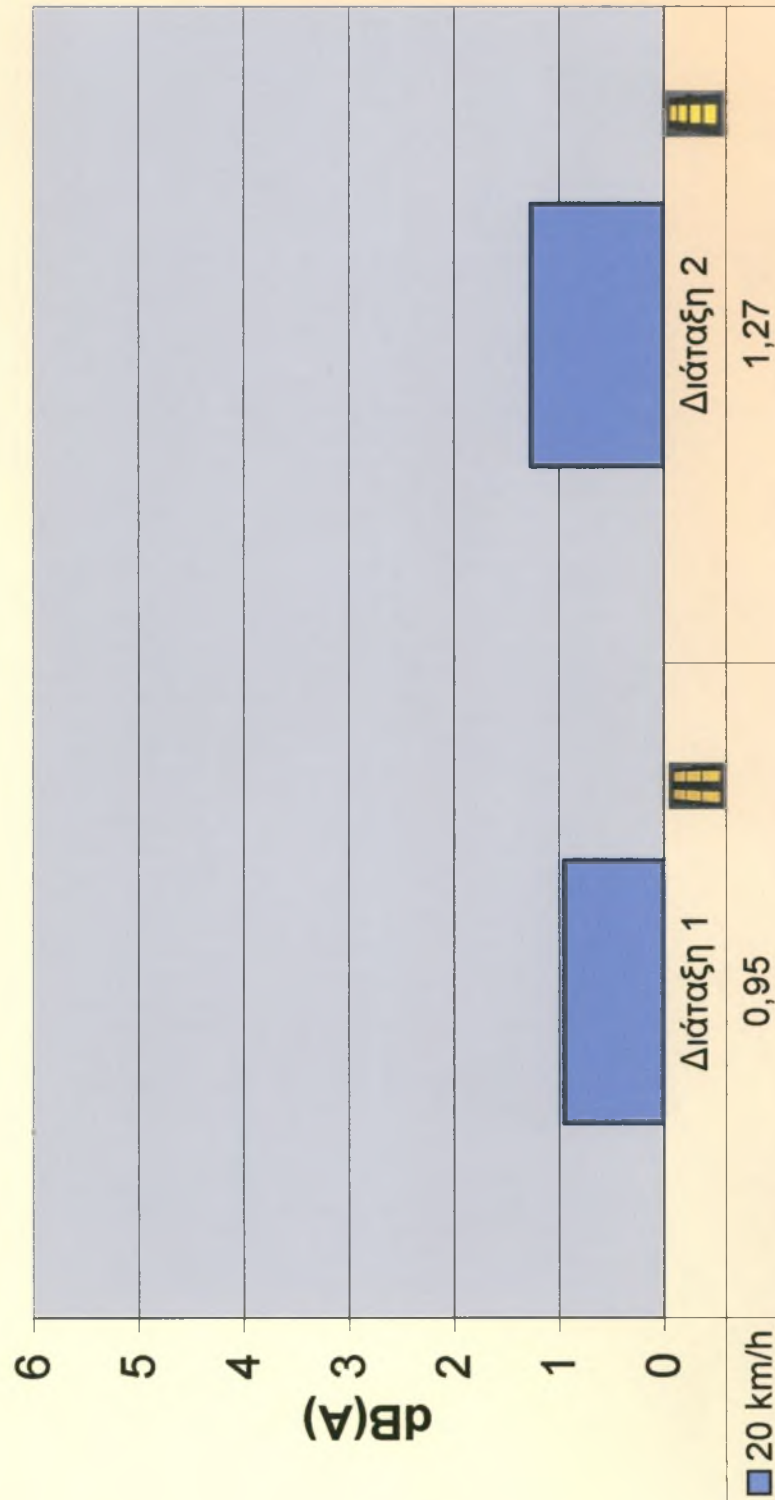
Διαγρ. 5.14.

Αιχμές θορύβου (Leq 100ms) κατά τη διέλευση S.U.V. από το Οδόστρωμα



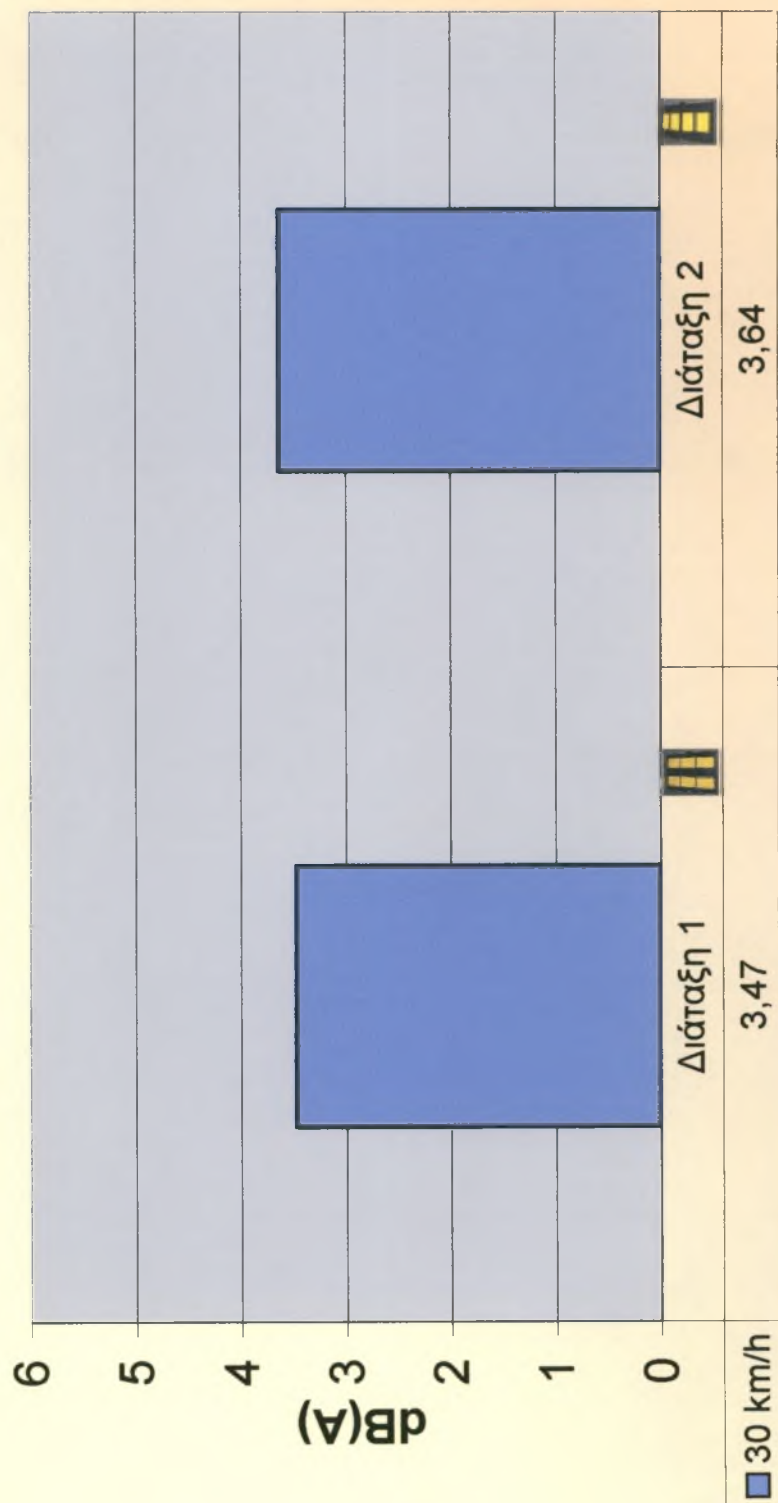
Διαγρ. 5.15.

Επιδείνωση στάθμης θορύβου λόγω διέλευσης με 20 km/h του Ι.Χ. από:



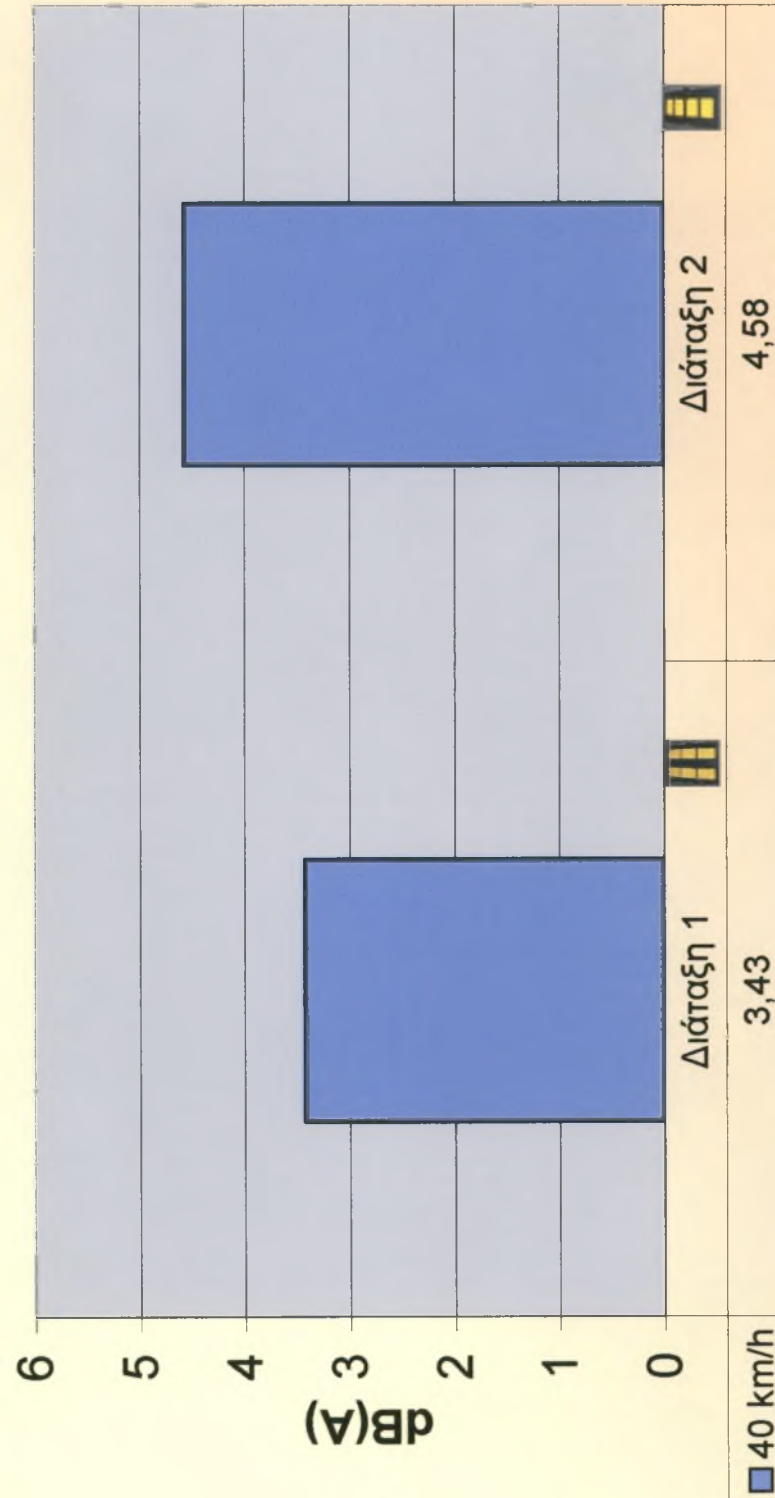
Διαγρ. 5.16.

Επιδείνωση στάθμης θορύβου λόγω διέλευσης με 30 km/h του Ι.Χ. από:

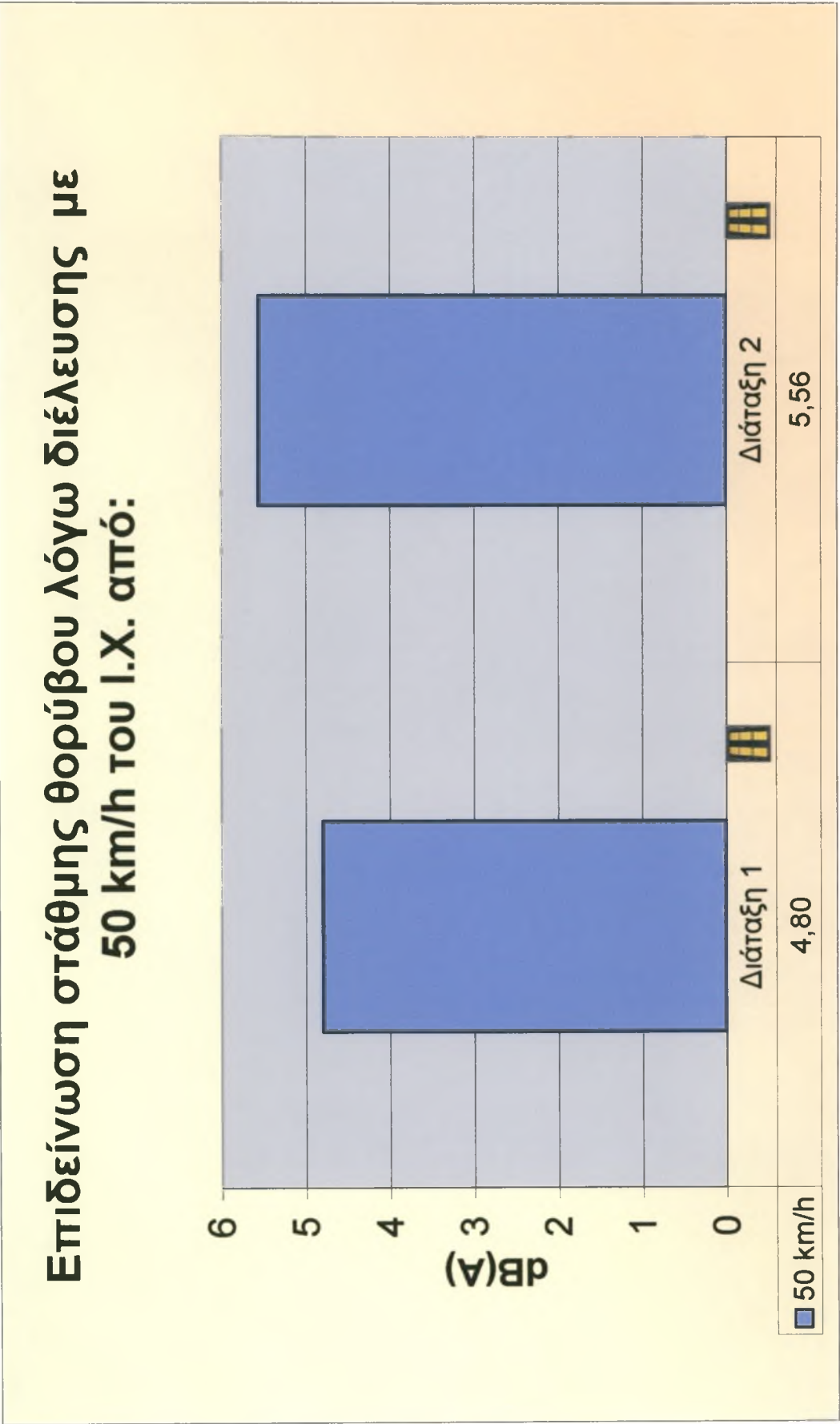


Διαγρ. 5.17.

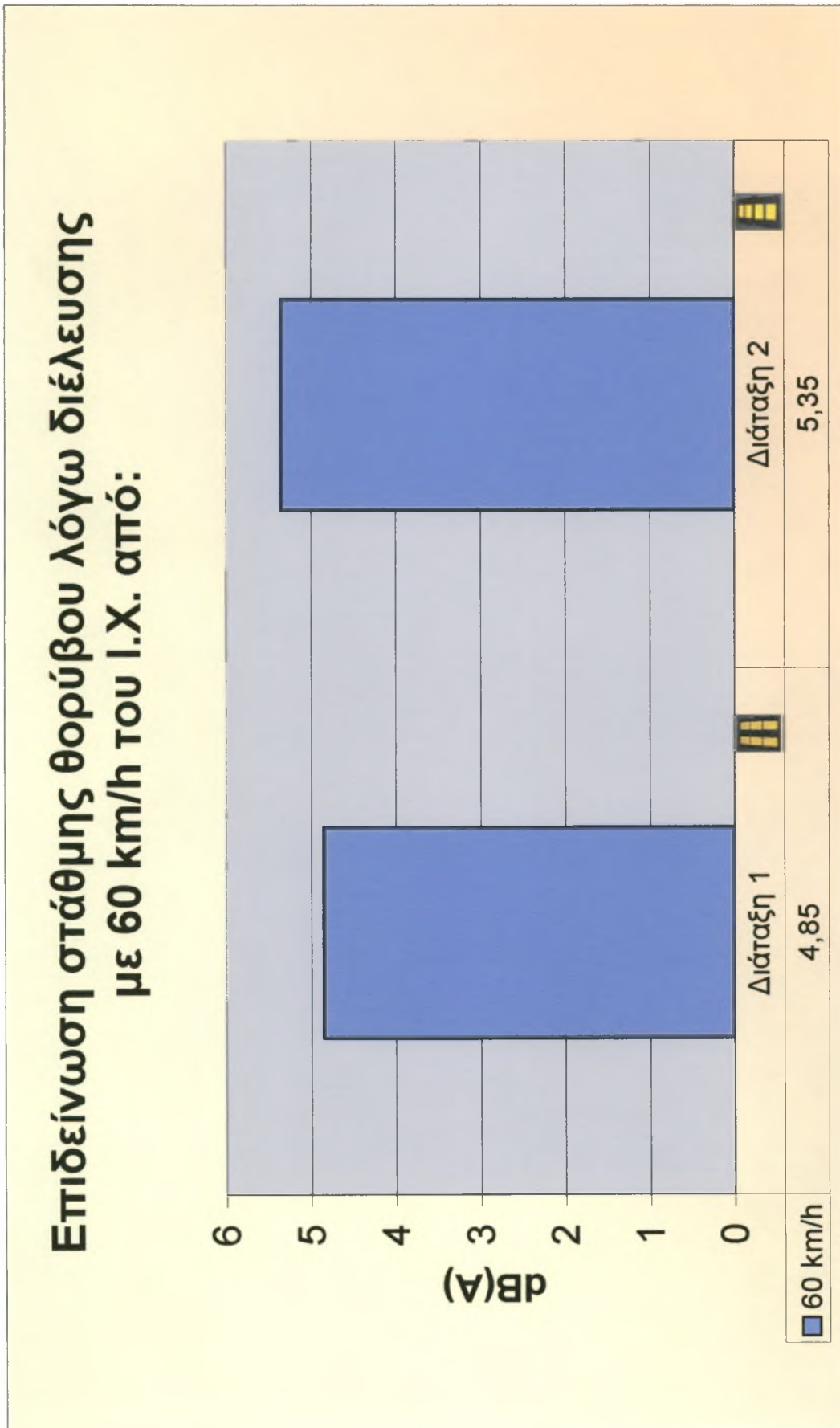
Επιδείνωση στάθμης θορύβου λόγω διέλευσης με 40 km/h του Ι.Χ. από:



Διαγρ. 5.18.

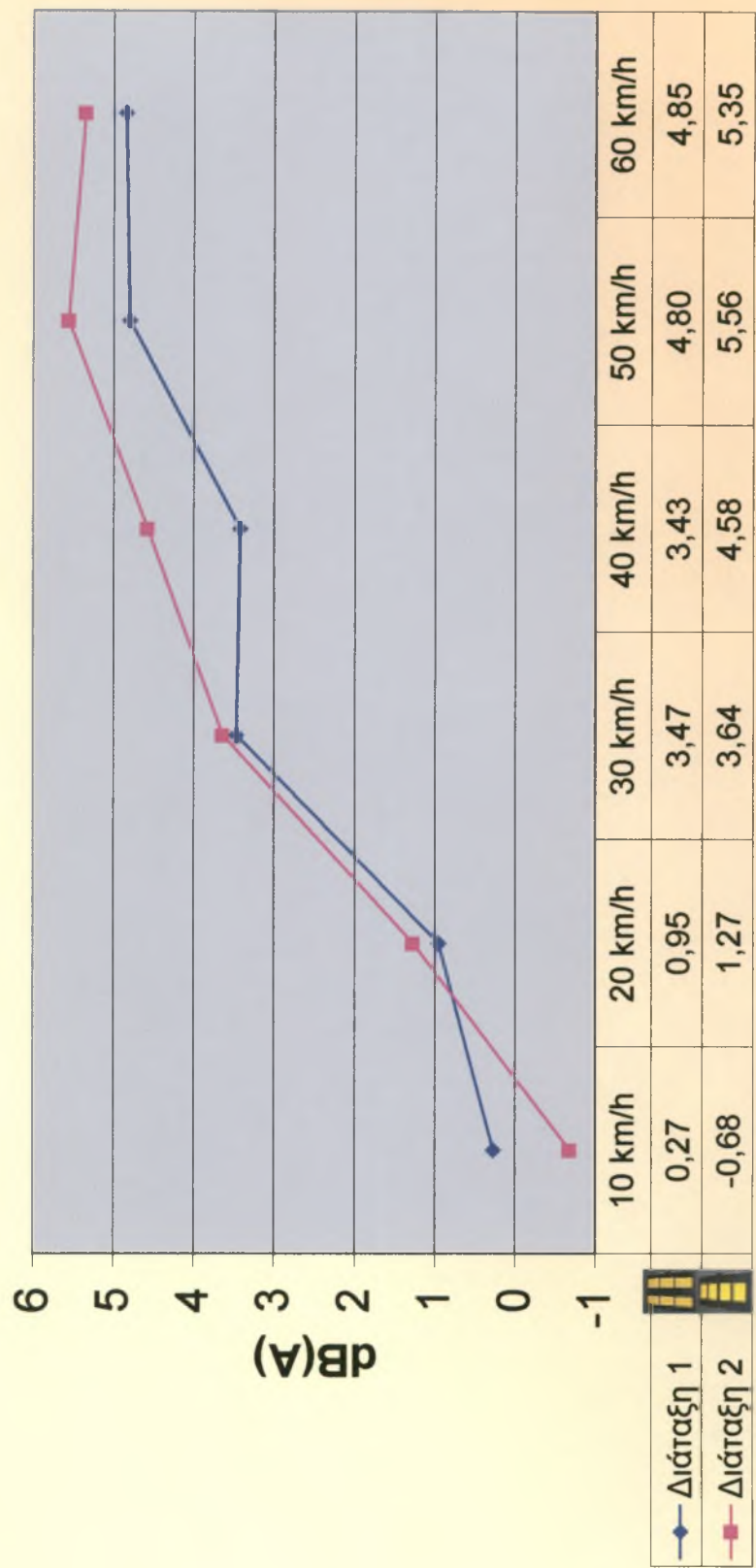


Διαγρ. 5.19.



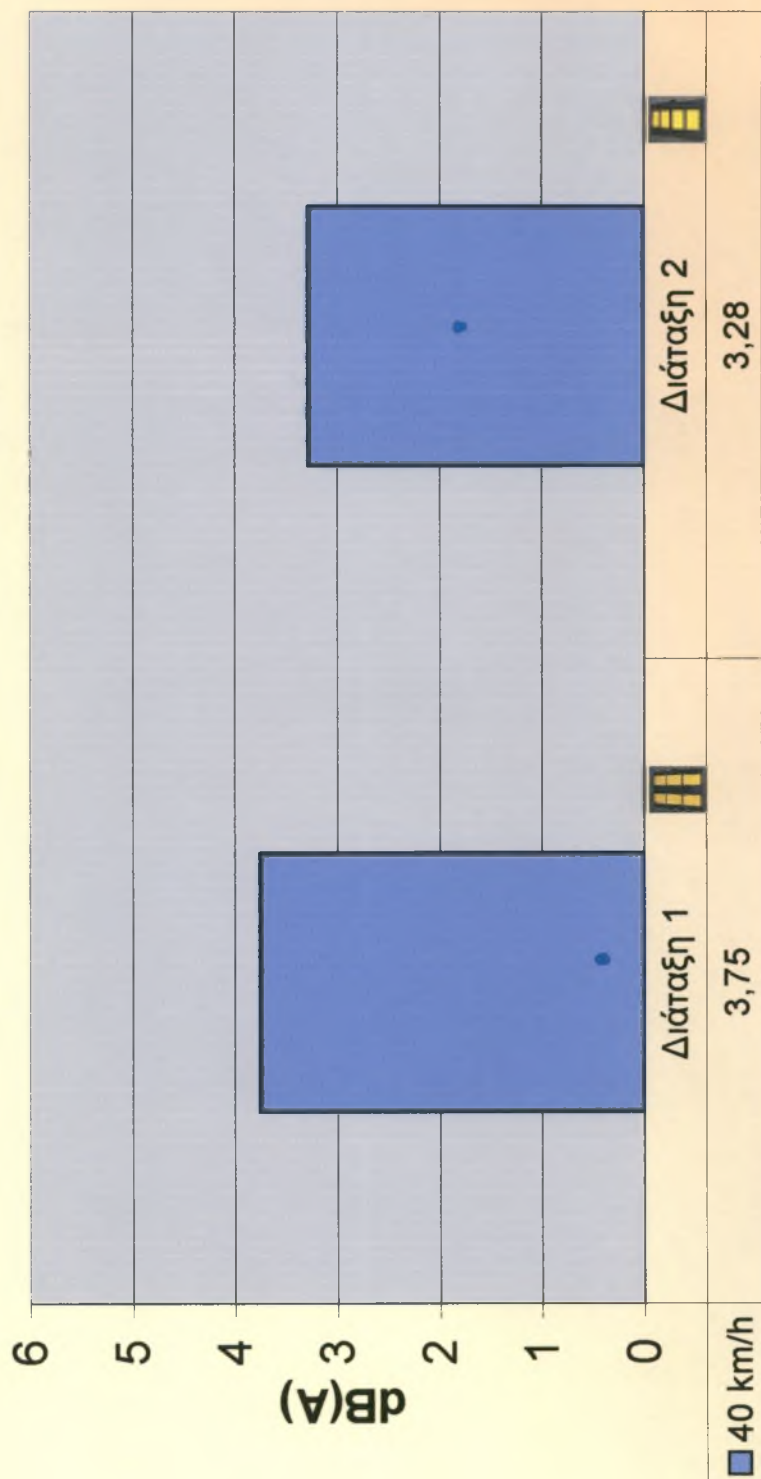
Διαγρ. 5.20.

Επιδείνωση στάθμης θορύβου λόγω διέλευσης
του Ι.Χ. από:

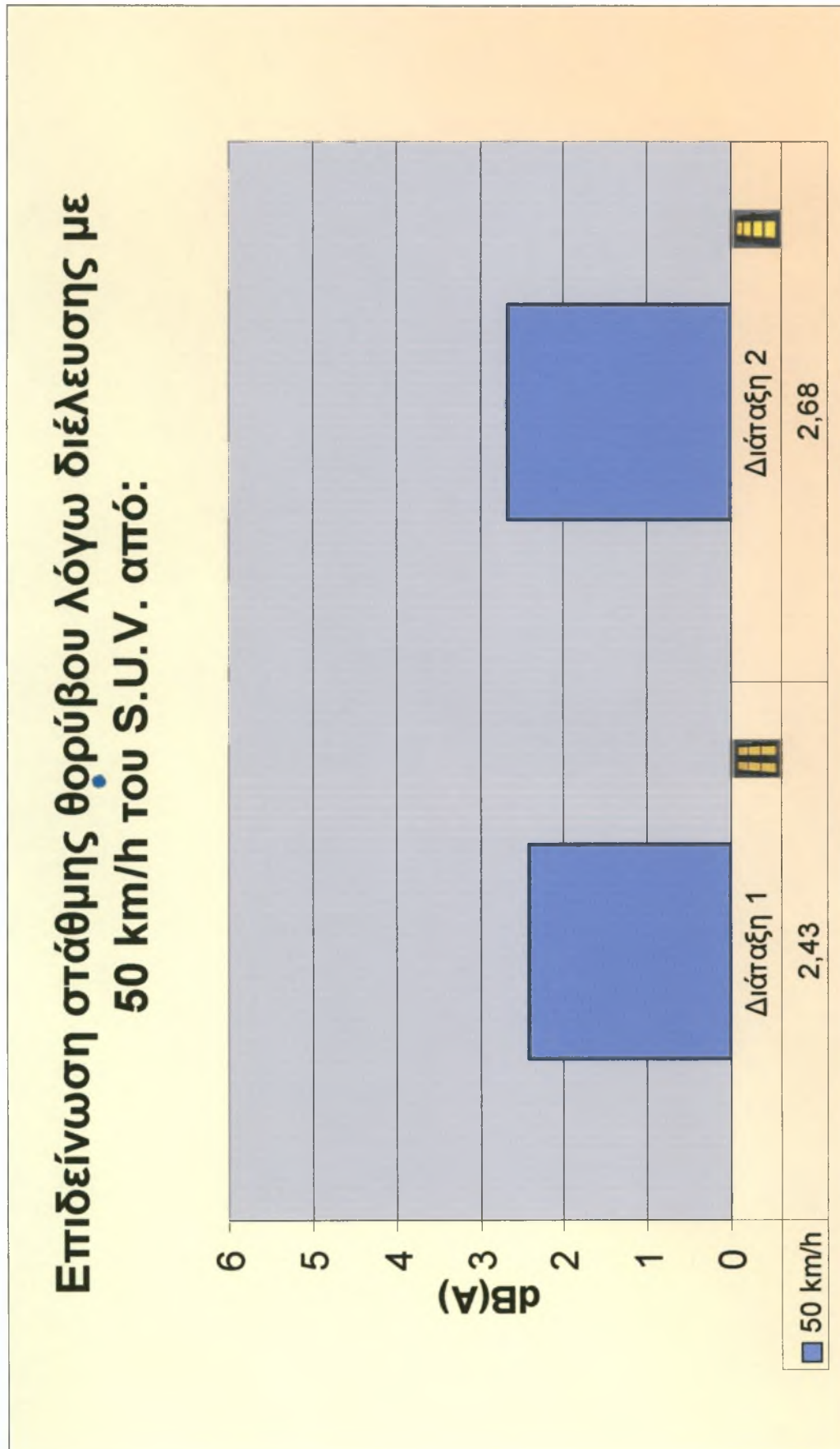


Διαγρ. 5.21.

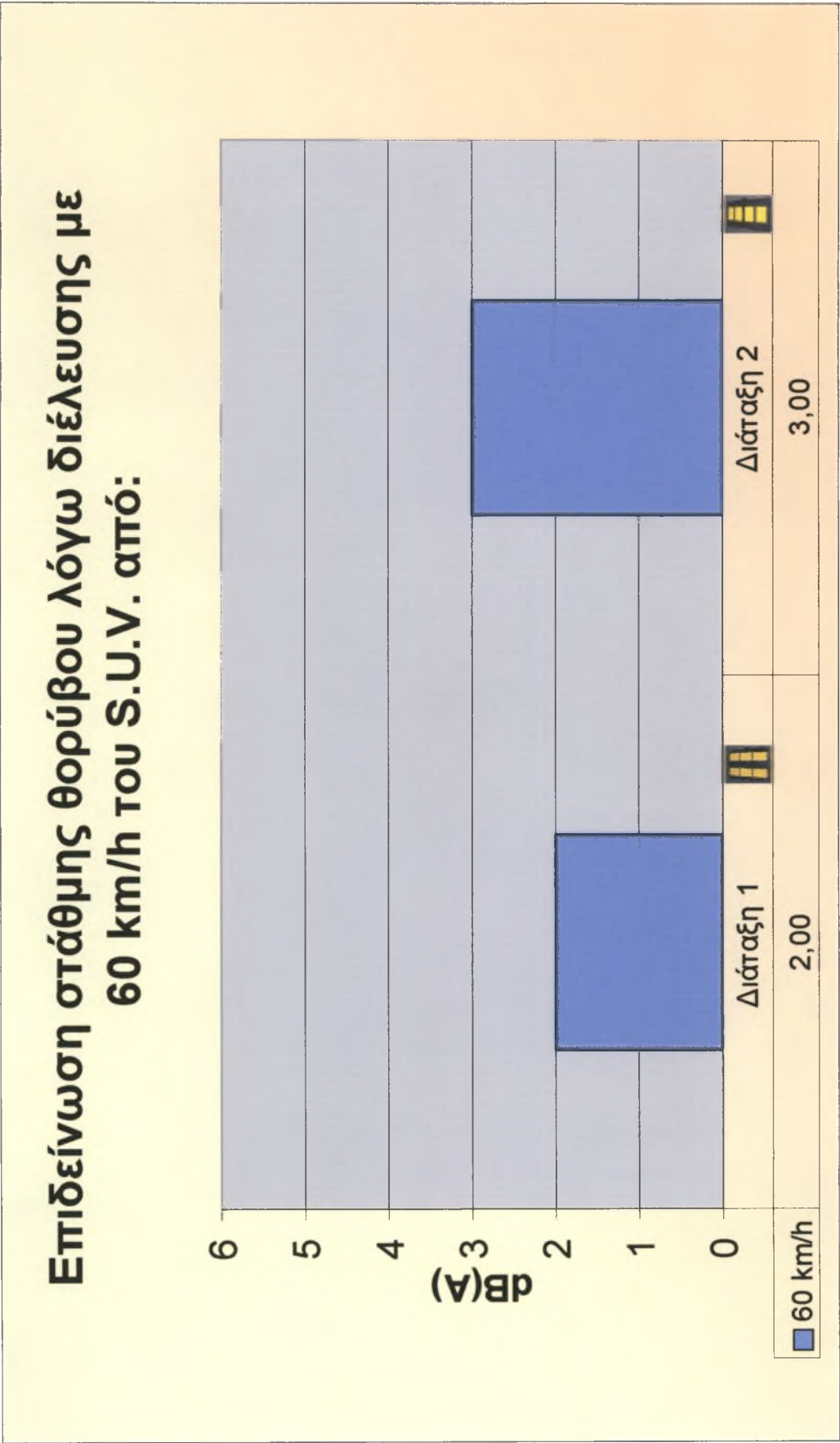
Επιδείνωση στάθμης θορύβου λόγω διέλευσης με 40 km/h του S.U.V. από:



Διαγρ. 5.22.

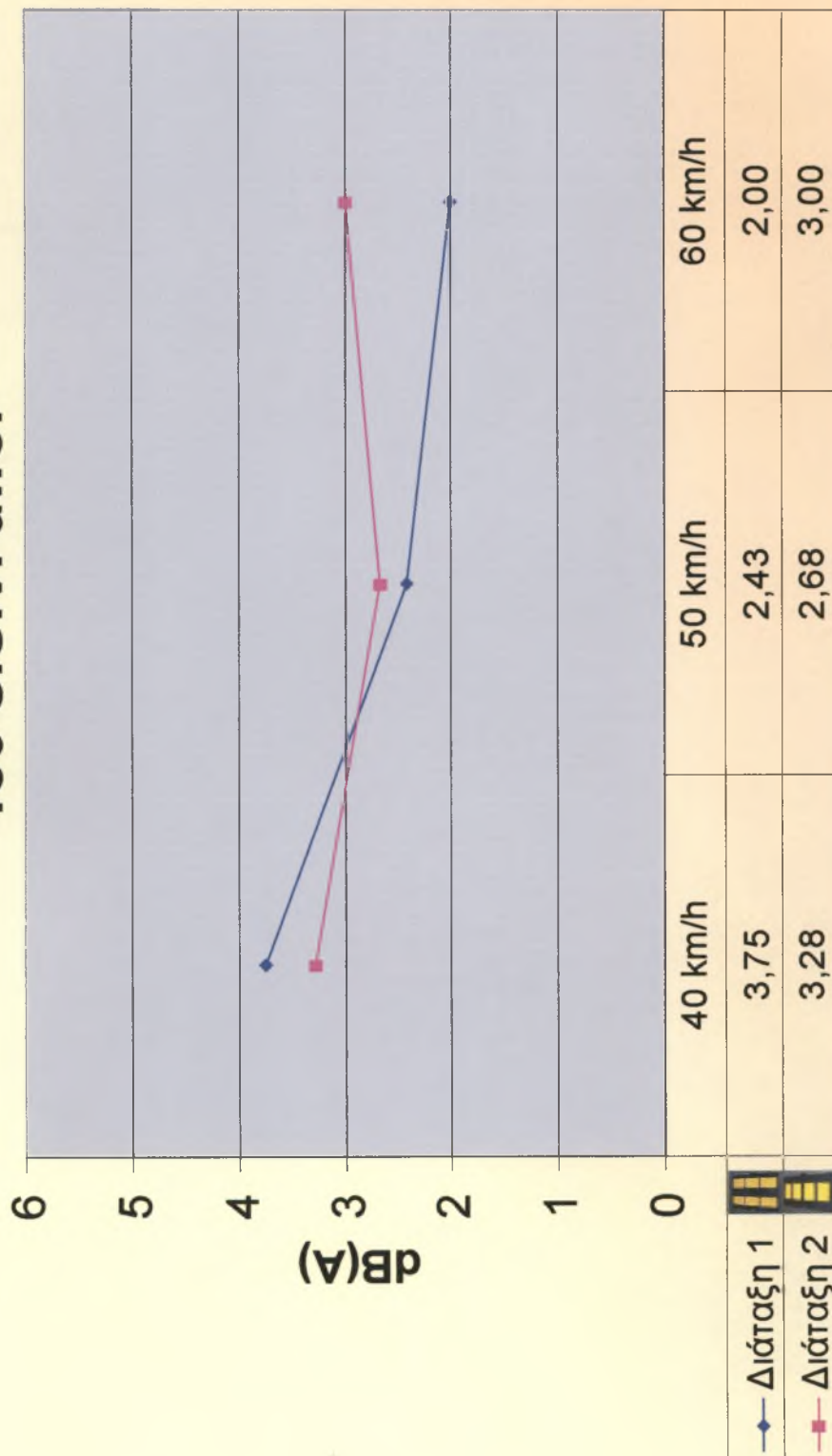


Διαγρ. 5.23.

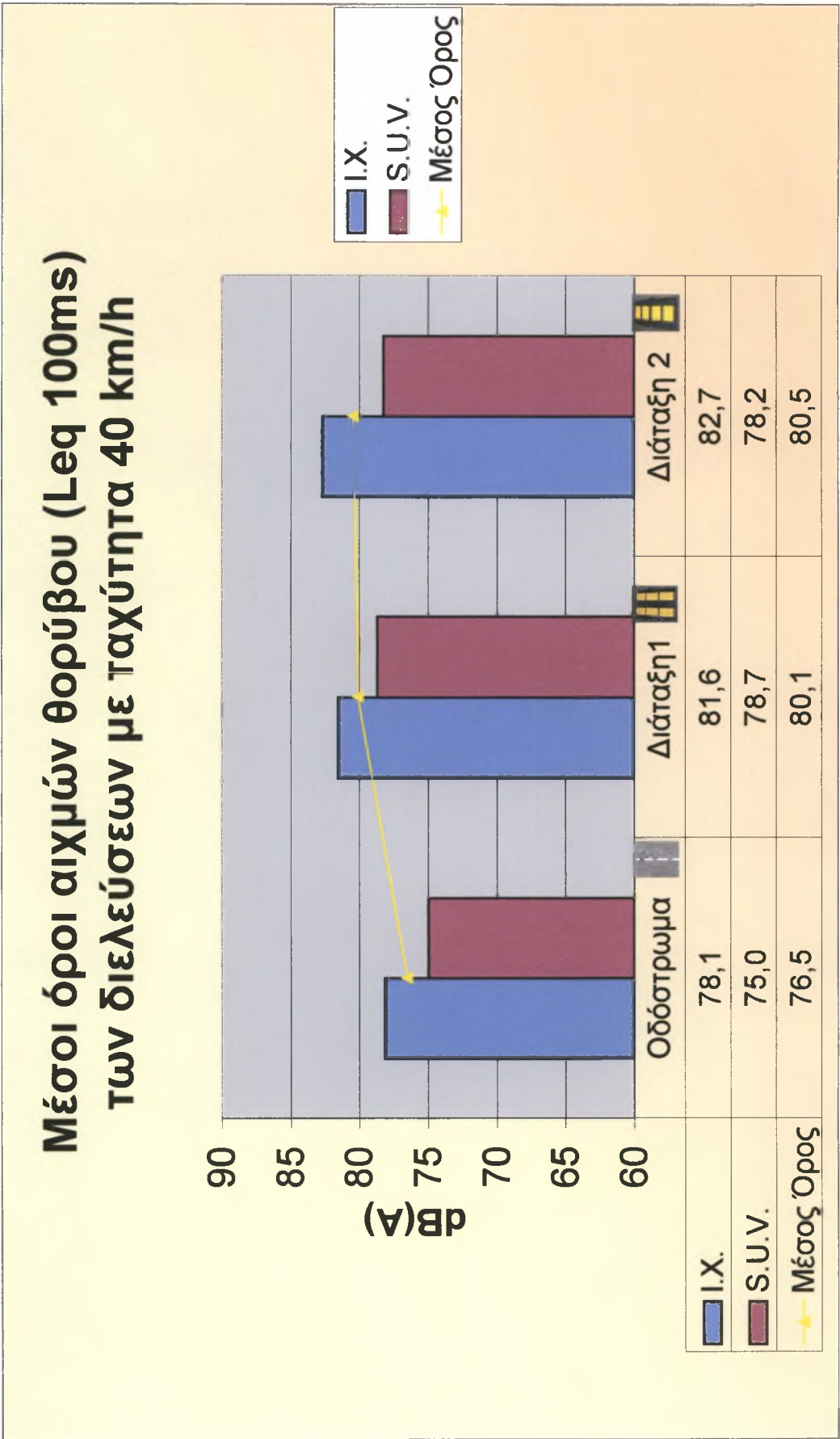


Διαγρ. 5.24.

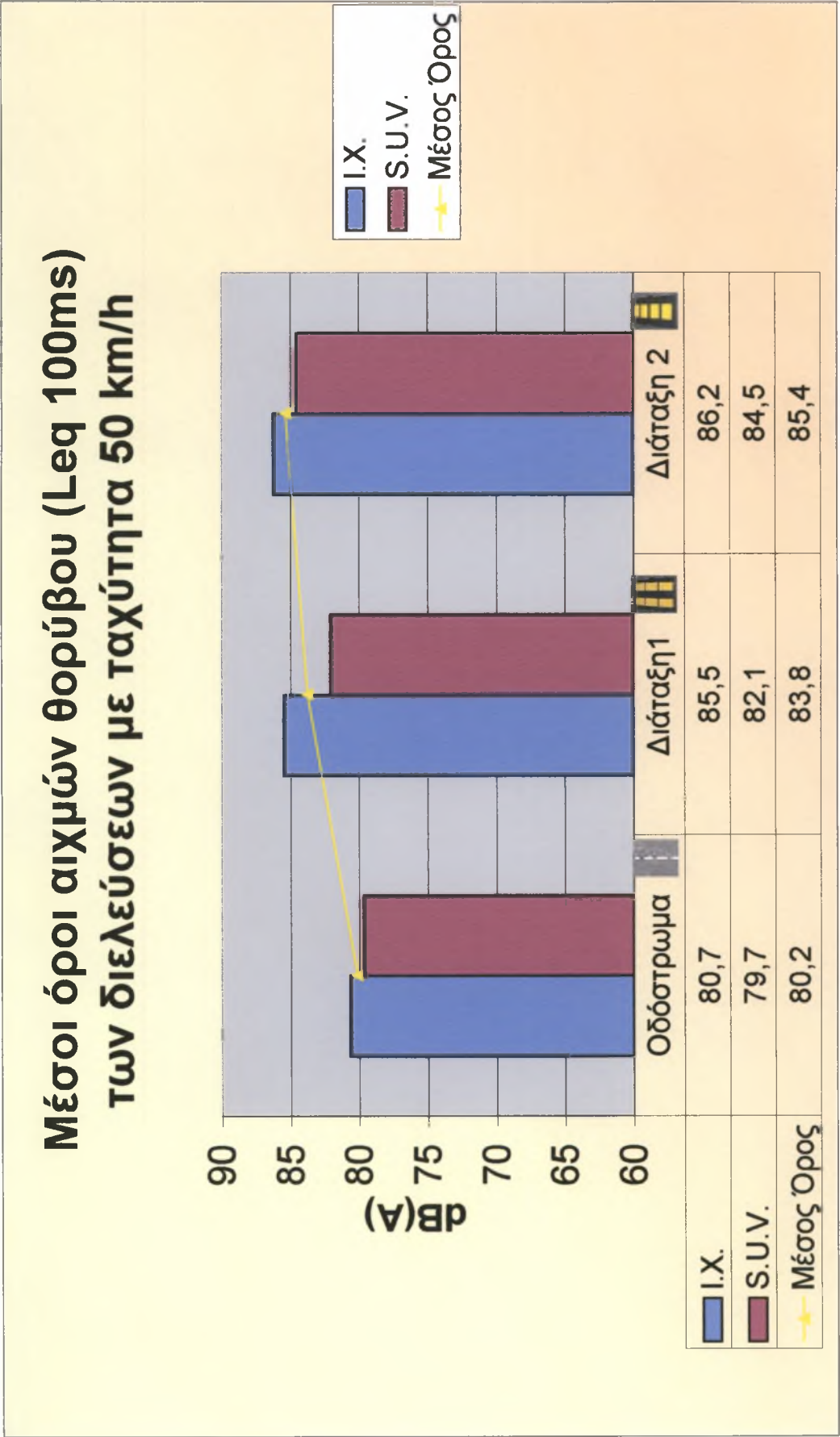
Επιδείνωση στάθμης θορύβου λόγω διέλευσης του S.U.V. από:



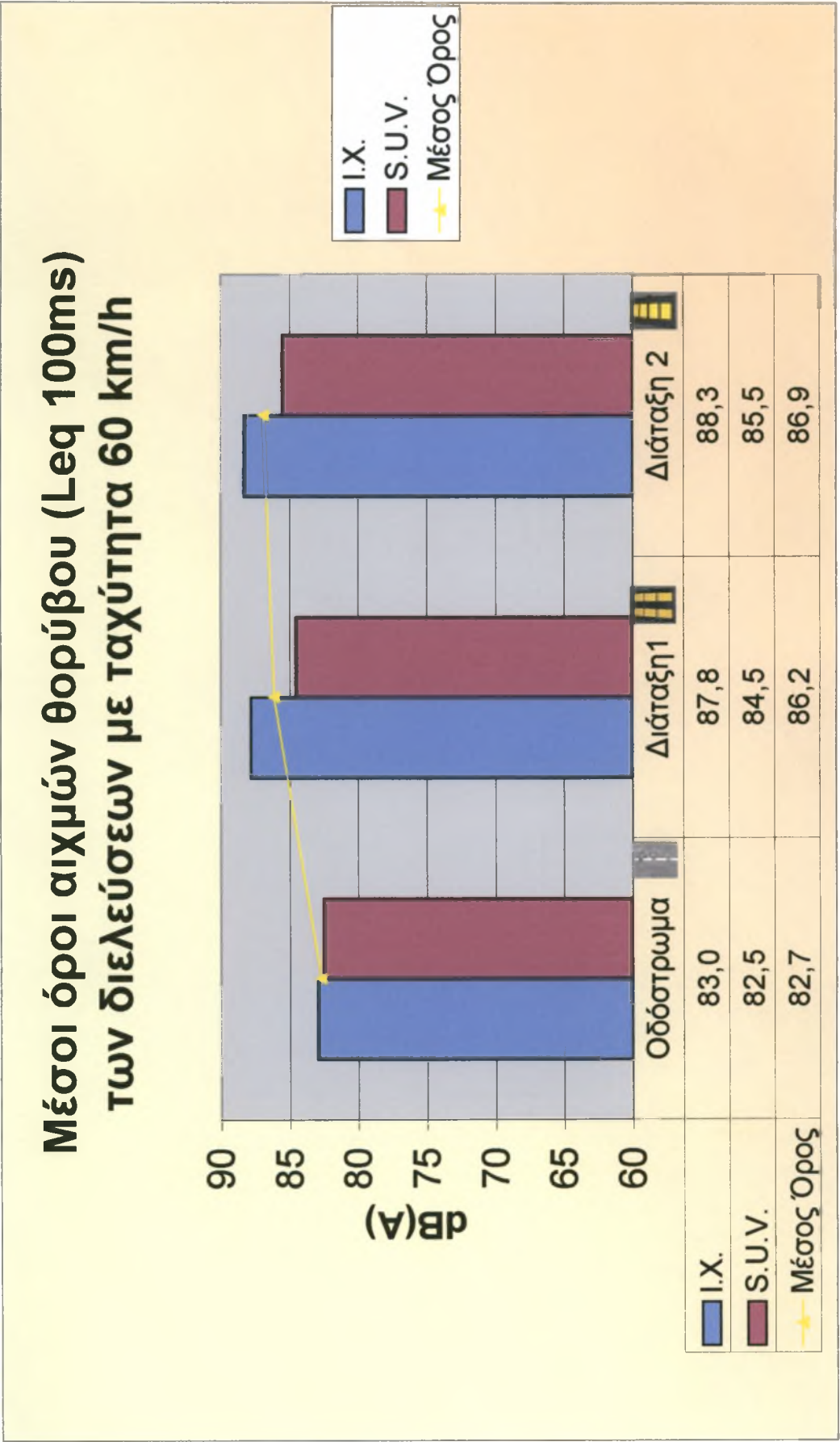
Διαγρ. 5.25.



Διαγρ. 5.26.

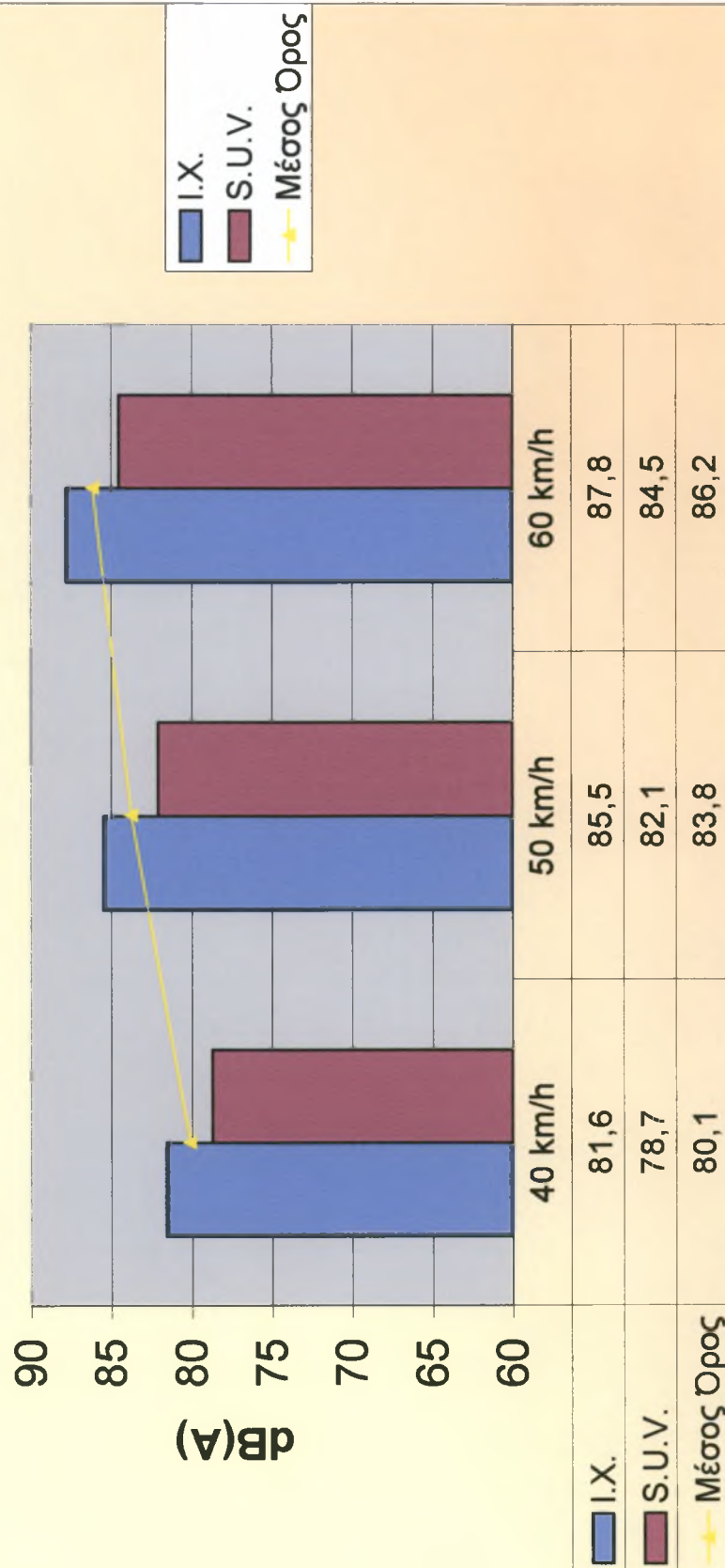


Διαγρ. 5.27.



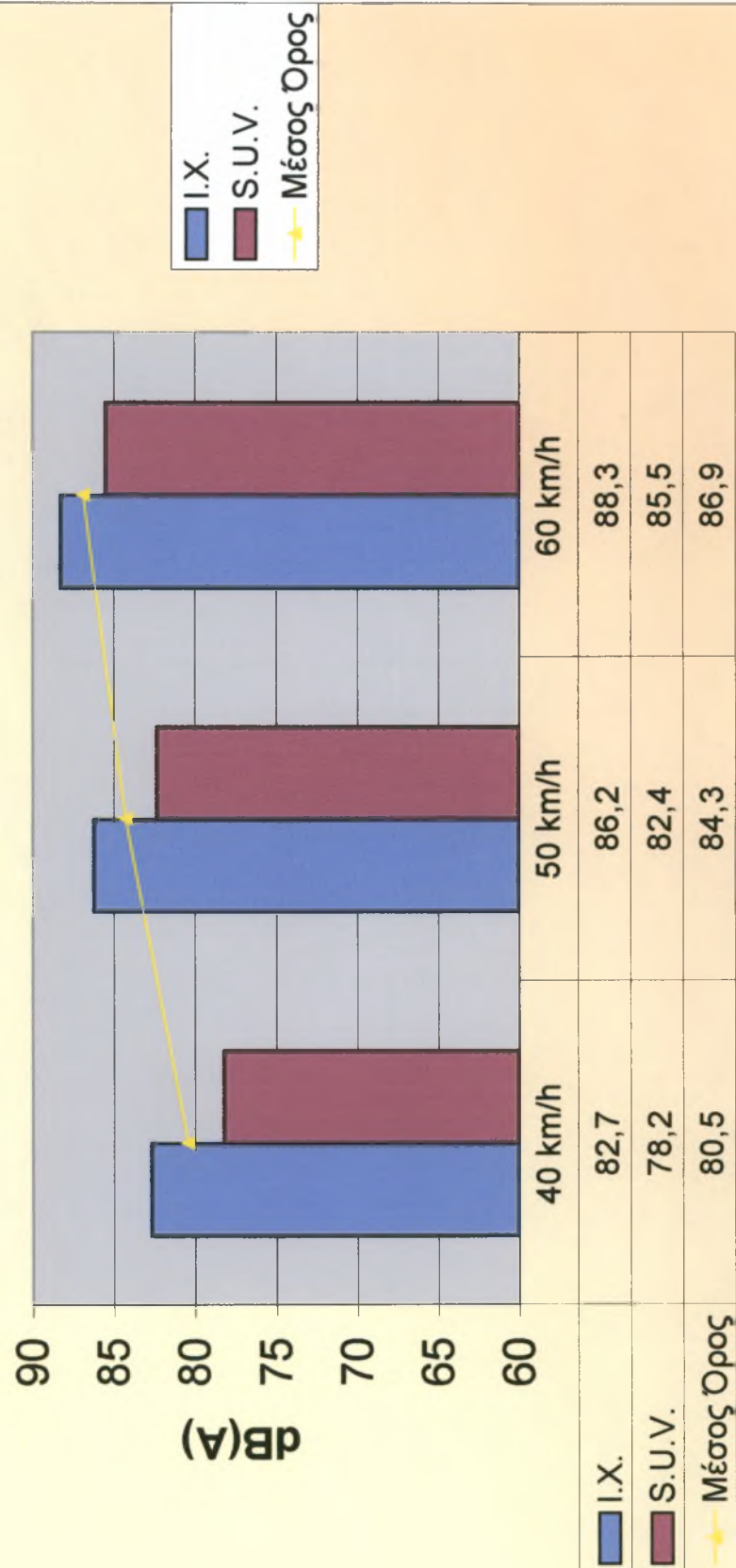
Διαγρ. 5.28.

Μέσοι όροι αιχμών θορύβου (Leq 100ms) κατά τη διέλευση από τη Διάταξη 1



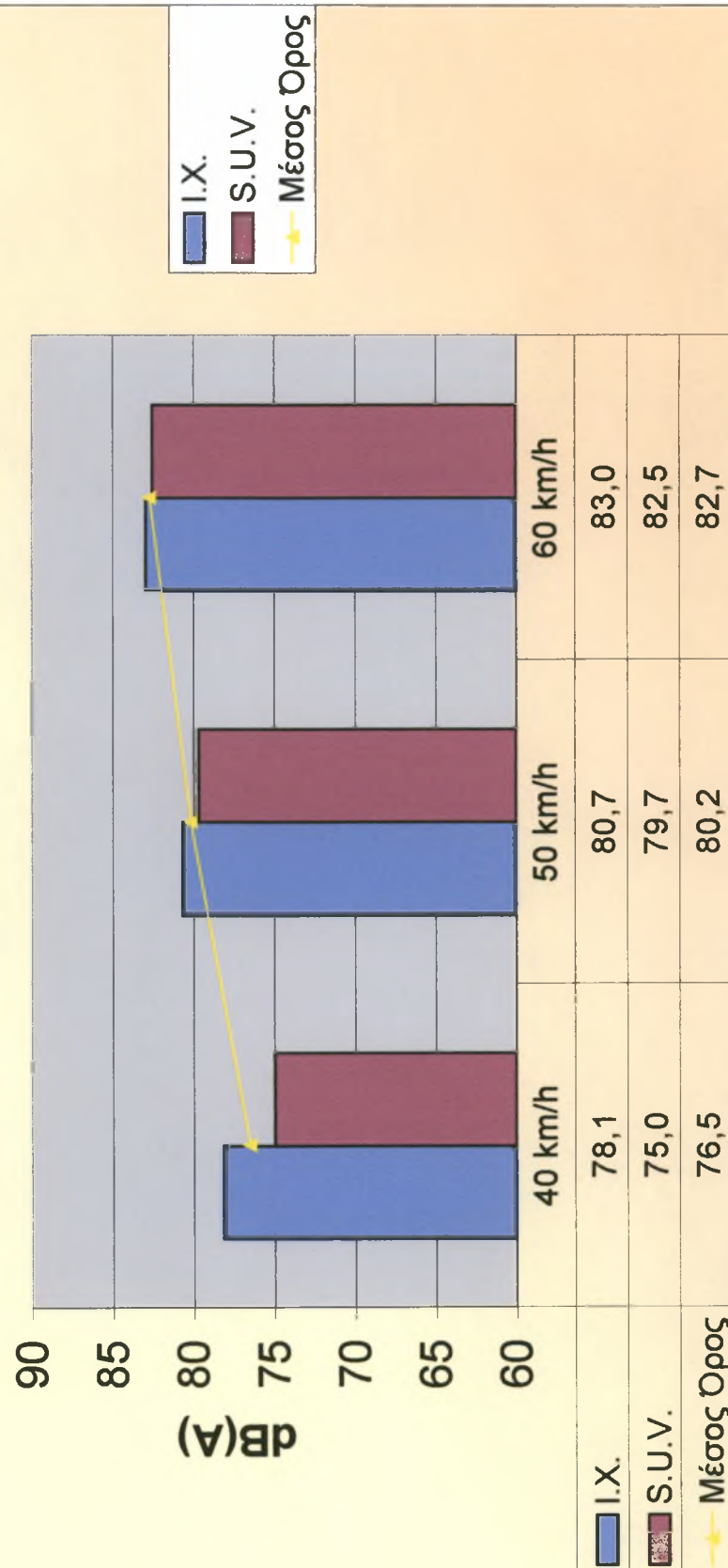
Διαγρ. 5.29.

Μέσοι όροι αιχμών θορύβου (Leq 100ms) κατά τη διέλευση από τη Διάταξη 2

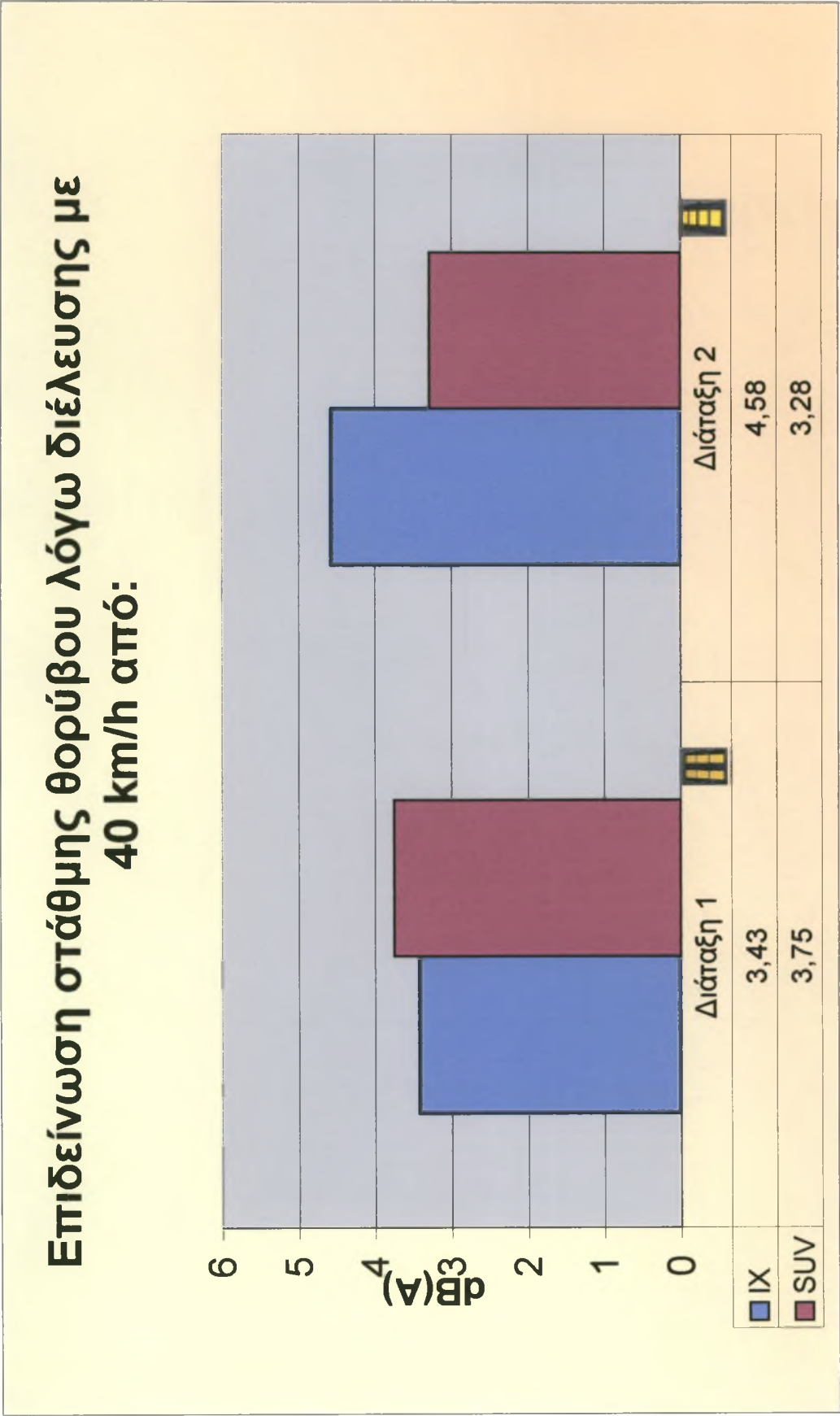


Διαγρ. 5.30.

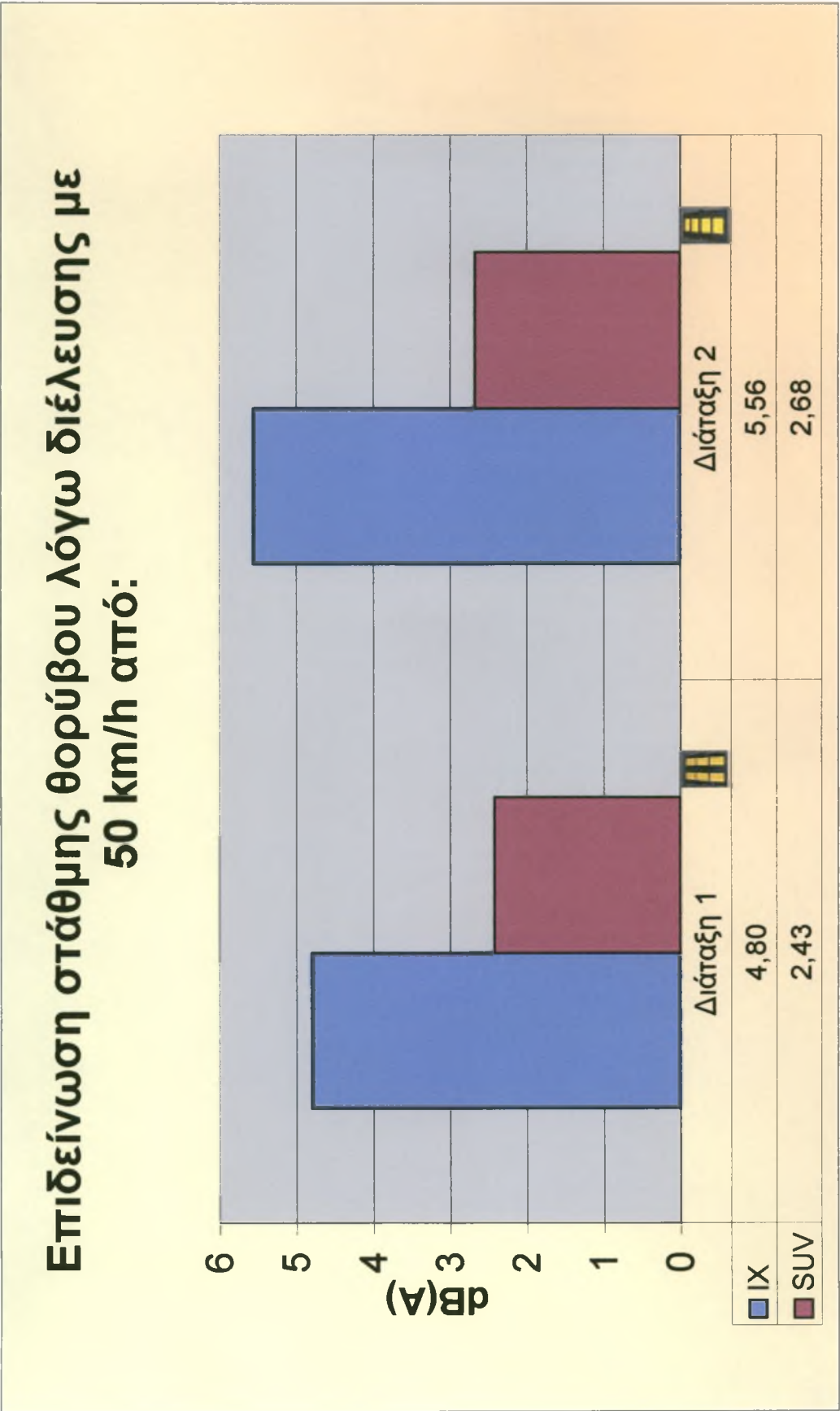
Μέσοι όροι αιχμών θορύβου (Leq 100ms) κατά τη διέλευση από το Οδόστρωμα



Διαγρ. 5.31.

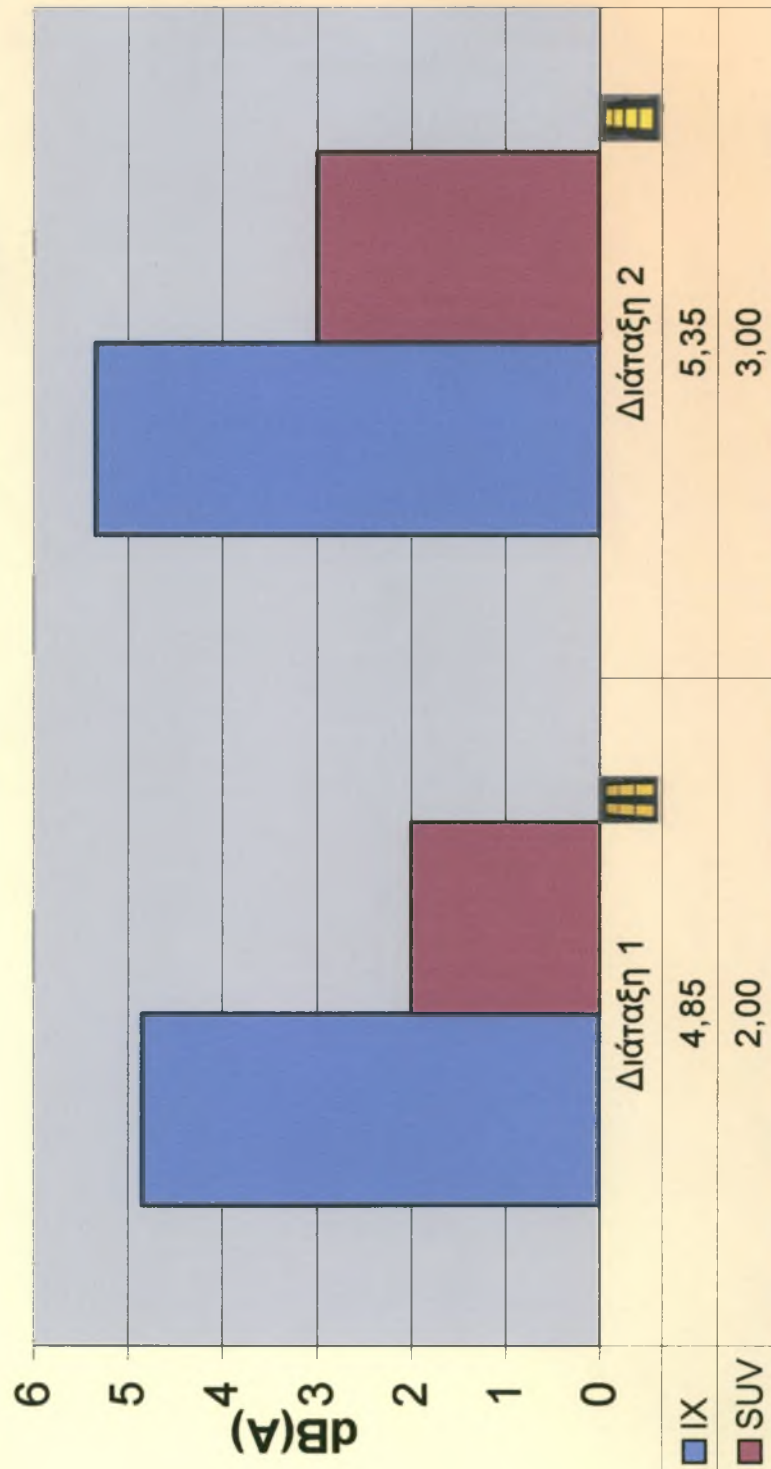


Διαγρ. 5.32.



Διαγρ. 5.33.

Επιδείνωση στάθμης θορύβου λόγω διέλευσης με 60 km/h από:



Διαγρ. 5.34.

6. ΣΧΟΛΙΑΣΜΟΣ ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΩΝ ΚΑΙ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

6.1. Σχολιασμός διαγραμμάτων

Από τα διαγράμματα 5.1. έως 5.6. που αφορούν το όχημα I.X. παρατηρούμε ότι οι αιχμές θορύβου που μετρήθηκαν από τα μικρόφωνα που ήταν τοποθετημένα μπροστά από τις δύο διατάξεις (οι τιμές τους συνοδεύονται από την ένδειξη 'Διάταξη 1' και 'Διάταξη 2'), ήταν μεγαλύτερες από αυτές που μετρήθηκαν από τα άλλα δύο μικρόφωνα (ο μέσος όρος των τιμών τους συνοδεύεται στα διαγράμματα από την ένδειξη 'οδόστρωμα'). Όπως είναι λογικό μεγαλύτερες αιχμές σημειώνονται καθώς αυξάνεται η ταχύτητα διέλευσης. Αξίζει επίσης να σημειωθεί ότι οι μεγαλύτερες τιμές εμφανίζονται κατά κανόνα κατά τις διελύσεις από τη Διάταξη 2 (την πλατύτερη και υψηλότερη από τις δύο διατάξεις). Ενδεικτικά αναφέρεται ότι η μεγαλύτερη τιμή που καταγράφηκε έφτανε τα 88,5 dB(A), η οποία σημειώθηκε κατά τη διέλευση του οχήματος από τη Διάταξη 2 με ταχύτητα 60 km/h, τη στιγμή που η αντίστοιχη αιχμή για κίνηση στο οδόστρωμα με την ίδια ταχύτητα ήταν 83,2 dB(A).

Τα παραπάνω παρουσιάζονται εποπτικά στα διαγράμματα 5.7 έως 5.9. Βλέπουμε δηλαδή από τα διαγράμματα αυτά ότι οι τιμές που καταγράφηκαν είναι μεγαλύτερες όσο μεγαλώνει η ταχύτητα. Παρατηρώντας δε την κλίση της γραμμής που συνδέει τις ομάδες στηλών η κάθε μία εκ των οποίων αντιστοιχεί σε μία συγκεκριμένη ταχύτητα, μπορούμε να αντιληφθούμε ποιοτικά το πώς επηρεάζει η παρουσία των διατάξεων τις αιχμές θορύβου σε σχέση με την ταχύτητα. Συγκεκριμένα, στα διαγράμματα που αντιστοιχούν στις διελύσεις από τη Διάταξη 1 και τη Διάταξη 2 η κλίση αυτή είναι μεγαλύτερη από ότι στο διάγραμμα που αντιστοιχεί στη διέλευση από το οδόστρωμα. Με άλλα λόγια, ο ρυθμός αύξησης των αιχμών θορύβου συναρτήσει της ταχύτητας είναι μεγαλύτερος στις διελύσεις από τις δύο διατάξεις σε σχέση με τις διελύσεις από το οδόστρωμα.

Στα διαγράμματα 5.10. έως 5.12. τα οποία είναι αντίστοιχα των διαγραμμάτων 5.1. έως 5.6. αλλά αφορούν το όχημα S.U.V. παρατηρούμε ότι οι αιχμές θορύβου που μετρήθηκαν κατά τη διέλευση από τις δύο διατάξεις, όπως συνέβαινε και με τις διελύσεις του I.X. , είναι μεγαλύτερες από εκείνες που μετρήθηκαν κατά τις διελύσεις από το οδόστρωμα, ενώ προφανώς όλες οι τιμές αυξάνονται με την αύξηση της ταχύτητας. Πάντως οι αιχμές που μετρήθηκαν για τις διελύσεις του

οχήματος S.U.V. επάνω από τις διατάξεις, ήταν γενικά μικρότερες από αυτές που μετρήθηκαν για το I.X. , γεγονός που πιθανά οφείλεται στις μαλακότερες αναρτήσεις των οχημάτων S.U.V. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι η μεγαλύτερη αιχμή που καταγράφηκε έφτανε τα 86,2 dB(A) και σημειώθηκε κατά τη διέλευση του οχήματος από τη Διάταξη 1 με ταχύτητα 60 km/h. Στα διαγράμματα 5.13. έως 5.15. παρουσιάζονται εποπτικά τα παραπάνω.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζουν τα διαγράμματα 5.16. έως 5.20. που αφορούν την επιδείνωση της στάθμης θορύβου λόγω διέλευσης του οχήματος I.X. από τις δύο διατάξεις, η οποία υπολογίστηκε όπως περιγράφεται στην παράγραφο 5.2. Παρατηρούμε ότι οι επιδεινώσεις που προκαλούνται από τη Διάταξη 2, είναι μεγαλύτερες από αυτές που προκαλούνται από τη Διάταξη 1. Επίσης η τιμή της επιδείνωσης γίνεται μεγαλύτερη για τις μεγαλύτερες ταχύτητες διέλευσης. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι η μεγαλύτερη επιδείνωση στάθμης θορύβου που βρέθηκε έφτανε 5,56 dB(A) (κατά τη διέλευση του οχήματος από τη Διάταξη 2 με ταχύτητα με 50 km/h). Η αύξηση αυτή των 5,56 dB(A), υπολογίστηκε πρόχειρα πως αντιστοιχεί στο θόρυβο που θα προκαλούσε το όχημα κινούμενο σε οδόστρωμα, με ταχύτητα αυξημένη περί τα 20 km/h. Τα παραπάνω φαίνονται συγκεντρωτικά στο διάγραμμα 5.21.

Στα διαγράμματα 5.22. έως 5.24. αντίστοιχα με τα διαγράμματα 5.16. έως 5.20, παρουσιάζονται οι επιδεινώσεις των σταθμών θορύβου λόγω της διέλευσης του οχήματος S.U.V. από τις δύο διατάξεις. Οι επιδεινώσεις αυτές είναι γενικά μικρότερες από εκείνες που προκλήθηκαν κατά τις διελεύσεις του οχήματος I.X. Οι επιδεινώσεις που προκαλούνται από τη Διάταξη 1 δεν έχουν μεγάλη διαφορά σε σχέση με αυτές που προκαλούνται από τη Διάταξη 2. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι η μεγαλύτερη επιδείνωση στάθμης θορύβου που βρέθηκε έφτανε τα 3,75 dB(A) (κατά τη διέλευση του οχήματος από τη Διάταξη 1 με ταχύτητα με 40 km/h), η οποία υπολογίστηκε πως ισοδυναμεί με την αύξηση του θορύβου που θα προκαλούσε η αύξηση της ταχύτητας κατά περίπου 10 km/h. Τα παραπάνω παρουσιάζονται συγκεντρωτικά στο διάγραμμα 5.25.

Από τα διαγράμματα 5.26. έως 5.28. τα οποία παρουσιάζουν συγκεντρωτικά τις αιχμές θορύβου που εμφανίστηκαν και από το I.X. και από το S.U.V. , φαίνεται ότι οι αιχμές που δημιουργήθηκαν κατά τη διέλευση του I.X. είναι μεγαλύτερες συγκριτικά με αυτές που δημιουργήθηκαν κατά τη διέλευση του S.U.V. Ο δε μέσος όρος των τιμών των αιχμών θορύβου από τη διέλευση και των δύο οχημάτων, παίρνει μεγαλύτερες τιμές για τις διελεύσεις από τη Διάταξη 2. Ακόμη, από τα διαγράμματα

5.29. έως 5.31. βλέπουμε ότι ο μέσος όρος αυτός αυξάνεται για μεγαλύτερες τιμές της ταχύτητας.

Στα διαγράμματα 5.32. έως 5.34. , στα οποία παρουσιάζεται η επιδείνωση της στάθμης θορύβου λόγω της διέλευσης από τις δύο διατάξεις και για τα δύο οχήματα, βλέπουμε ότι η επιδείνωση που προκαλούν οι διατάξεις κατά τη διέλευση του I.X. είναι μεγαλύτερη αυτής που προκαλείται κατά τη διέλευση του S.U.V.

6.2. Τελικά συμπεράσματα

Μετά τη διεξαγωγή του πειράματος και την επεξεργασία των στοιχείων τα οποία προέκυψαν, κρίνεται σκόπιμη η παράθεση των κυριότερων συμπερασμάτων που συνάγονται από την εξέταση και ανάλυση των αποτελεσμάτων τα οποία παρουσιάζονται στο προηγούμενο κεφάλαιο.

Τα σαμαράκια γενικά δημιουργούν αύξηση στις μέγιστες εμφανιζόμενες τιμές (αιχμές) θορύβου, στοιχείο που πρέπει να λαμβάνεται υπ' όψιν στα πλαίσια της μελέτης που προηγείται της εγκατάστασής τους σε μία οδό. Έτσι, μπορούμε να πούμε ότι η προδιαγραφή του Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε σύμφωνα με την οποία πριν την εξέταση της δυνατότητας χρησιμοποίησής τους θα πρέπει να έχουν αποκλεισθεί με σχετική μελέτη όλοι οι άλλοι τρόποι ανάσχεσης της ταχύτητας, καλύπτει και το ζήτημα της ακουστικής ενόχλησης που προκαλείται από τον κυκλοφοριακό θόρυβο. Η χρήση άλλων τεχνικών για τη μείωση της ταχύτητας, όπως για παράδειγμα η δημιουργία κυκλικών νησίδων ή η στένωση της οδού, δε δημιουργεί ενοχλητικές τιμές αιχμής θορύβου όπως τα σαμαράκια.

Μια τέτοια μελέτη θα πρέπει ως βασικές παραμέτρους να έχει τη μέση ταχύτητα και τη U_{85} των οχημάτων που διέρχονται από την εν λόγω οδό, ώστε να διασφαλιστεί να μην υπάρχουν εναλλακτικές λύσεις, αλλά και ότι το να εγκατασταθούν σαμαράκια είναι απαραίτητο αφού τα διερχόμενα οχήματα κινούνται με επικίνδυνα υψηλές ταχύτητες. Θα ήταν επίσης θεμιτό, εφόσον υπάρχει η δυνατότητα, να γίνει μακροχρόνια μελέτη με σκοπό την καταγραφή των τροχαίων ατυχημάτων και της σοβαρότητας τους, αφού μακροπρόθεσμα ο σκοπός της τοποθέτησης τέτοιων διατάξεων είναι η αύξηση των επιπέδων οδικής ασφάλειας. Σε πολλές περιπτώσεις, χρησιμοποιούνται αυθαίρετα, διότι η λειτουργία τους έχει παρεξηγηθεί, με απώτερο σκοπό τη μείωση του κυκλοφοριακού θορύβου μέσω της μείωσης της ταχύτητας. Τα αποτελέσματα ωστόσο της παρούσας εργασίας, δείχνουν πως τα σαμαράκια δεν

πρέπει να χρησιμοποιούνται παρά μόνο για την αποφυγή ατυχημάτων και όχι για την μείωση της όχλησης, αφού τελικά έχουν μάλλον αντίθετα αποτελέσματα.

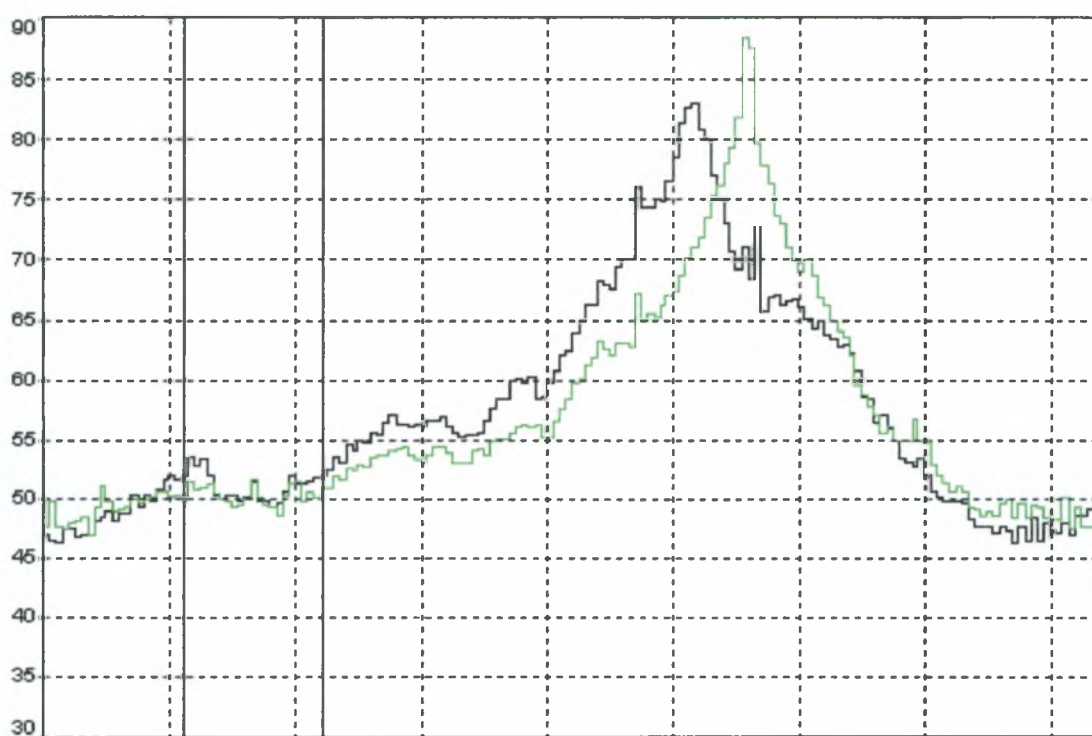
Τονίζεται σε αυτό το σημείο, ότι η τιμή της αιχμής του θορύβου είναι πολύ σημαντικότερη, από άποψη ακουστικής ενόχλησης, από τη μέση στάθμη θορύβου καθώς ερεθίζει περισσότερο το ανθρώπινο αυτί. Αφού οι τιμές αυτές αυξάνονται εφόσον υπάρχουν σαμαράκια, και μάλιστα σημαντικά για σχετικά υψηλές ταχύτητες διέλευσης, αναμφισβήτητα προκαλείται ενόχληση στους περιοίκους. Δεδομένου ότι η επιθετική οδική συμπεριφορά είναι ένα φαινόμενο του οποίου την ύπαρξη δεν μπορούμε να παραβλέψουμε, δεν μπορεί να αποκλεισθεί η περίπτωση διέλευσης οχημάτων με υψηλές ταχύτητες, ανεξάρτητα από το αν υπάρχουν σαμαράκια και προειδοποιητικές πινακίδες που καθορίζουν τα όρια ταχύτητας. Ακόμη, η ενόχληση αυτή προφανώς γίνεται εντονότερη για περιοχές στις οποίες ο θόρυβος βάθους είναι σχετικά χαμηλός, ώστε το περιστατικό θορύβου που θα δημιουργηθεί από τη διέλευση ενός οχήματος από το σαμαράκι με μεγάλη ταχύτητα, να γίνεται περισσότερο αισθητό αφού θα ξεχωρίζει από το θόρυβο τον οποίον έχουν συνηθίσει να ακούν οι κάτοικοι της περιοχής. Βεβαίως, η εγκατάσταση τέτοιων διατάξεων σε μια περιοχή, αν υποθέσουμε πως όντως επιτυγχάνει το κύριο επιθυμητό της αποτέλεσμα, που δεν είναι άλλο από τη μείωση των ταχυτήτων διέλευσης στην περιοχή εφαρμογής τους, προκαλεί και μείωση των μέσων επιπέδων θορύβου, του θορύβου βάθους δηλαδή της περιοχής. Έτσι, οι μεγάλες αιχμές θορύβου που τυχόν εμφανίζονται θα γίνονται ακόμη περισσότερο ενοχλητικές.

Θεωρείται δεδομένο ότι σαμαράκια έχει νόημα να τοποθετούνται σε οδούς με χαμηλούς φόρτους και υψηλές ταχύτητες, αφού σε περίπτωση που έχουμε μεγάλους φόρτους δεν μπορούν εκ των πραγμάτων να χρησιμοποιηθούν γιατί θα δημιουργήσουν κυκλοφοριακή συμφόρηση, ενώ σε περίπτωση που έχουμε ήδη χαμηλές ταχύτητες, δεν έχει νόημα η εγκατάστασή τους. Με τα παραπάνω έχουμε περιγράψει το προφίλ ενός δρόμου ‘γειτονιάς’, όπου τα οχήματα υπόκεινται συνήθως στον περιορισμό να κινούνται με ταχύτητες μικρότερες των 30 km/h (αυτό είναι και το όριο που θέτει η σχετική προδιαγραφή του αρμόδιου υπουργείου), ενώ στην πραγματικότητα κινούνται και με ταχύτητες της τάξεως των 50 με 60 km/h. Αξίζει να σημειωθεί ότι οι μεγαλύτερες τιμές επιδείνωσης των αιχμών θορύβου που μετρήθηκαν παρουσιάζονται στις μεγαλύτερες από τις ταχύτητες που μελετήθηκαν. Συγκεκριμένα, για ταχύτητες από 30 km/h και πάνω, οι οποίες φυσικά είναι ιδιαίτερα συνηθισμένες σε οδούς σαν κι αυτή που περιγράφηκε παραπάνω, οι επιδεινώσεις

αυτές γίνονται ιδιαίτερα αισθητές. Για παράδειγμα, κατά τη διέλευση ενός οχήματος με ταχύτητα της τάξεως των 30 με 40 km/h σε περίπτωση που δεν υπάρχουν σαμαράκια στην οδό η αιχμή θορύβου θα ήταν της τάξεως των 74 με 78 dB(A), ενώ στην περίπτωση που στην οδό βρίσκονται σαμαράκια η αιχμή αυτή παρουσιάζει μία αύξηση λόγω της πρόσκρουσης στο σαμαράκι, η οποία κυμαίνεται από 3,5 έως 4,6 dB(A). Εάν δε το διερχόμενο όχημα κινείται με ταχύτητα της τάξεως των 50-60 km/h και δεν ανακόψει ταχύτητα κατά τη διέλευσή του από το σαμαράκι, περίπτωση που δεν μπορεί να αποκλεισθεί, τότε η επιδείνωση αυτή μπορεί να φτάσει τα 4,8- 5,4 dB(A). Συν τοις άλλοις η αιχμή που θα δημιουργηθεί έχει διαφορετική μορφή, όπως θα περιγραφεί αναλυτικότερα και στη συνέχεια, από αυτή που θα προκαλούταν από το όχημα εάν δεν υπήρχαν σαμαράκια, ώστε τελικά να γίνεται ακόμη πιο αισθητή και ενοχλητική. Συγκεντρωτικά, οι επιδεινώσεις που προκαλούνται για κάθε μία από τις ταχύτητες μελέτης, από τα σαμαράκια που χρησιμοποιήθηκαν στο πείραμα που διεξήχθη για τους σκοπούς της εργασίας παρουσιάζονται στο διάγραμμα Σ.3. του παρόντος κεφαλαίου.

Ακόμη πάντως και αν λάβουμε υπ' όψιν μας την ενδεχόμενη μείωση της ταχύτητας, και πάλι τα αναμενόμενα αποτελέσματα σχετικά με το θόρυβο αλλά και την αναμενόμενη όχληση δε θα είναι ευμενής. Αν για παράδειγμα θεωρήσουμε ότι η μείωση που επιτυγχάνεται στην ταχύτητα είναι της τάξεως των 20 km/h (τιμή που συναντούμε σε πολλές σχετικές μελέτες, μεταξύ των οποίων και αυτή του βρετανικού TRL για την οποία γίνεται λόγος στην παράγραφο 3.6.1. της παρούσης εργασίας) τα οχήματα που κινούνταν με την έτσι κι αλλιώς 'ενοχλητική' ταχύτητα των 50-60 km/h θα κινούνται μετά την εφαρμογή του μέτρου με ταχύτητα της τάξεως των 30 με 40 km/h. Συγκρίνοντας τις αιχμές θορύβου που δημιουργούνται στην περιοχή 'πριν' και 'μετά', παρατηρούμε πως η όχληση φαινομενικά εμφανίζεται περίπου ίση, ίσως και ελαφρώς μειωμένη στη δεύτερη περίπτωση. Εκτός όμως του ότι η αναμενόμενη μείωση της ταχύτητας αφορά τις μέσες ταχύτητες και δεν μπορεί σε καμία περίπτωση κανείς να πει με βεβαιότητα ότι εμφανίζεται και στις μέγιστες ταχύτητες, υπάρχει και άλλη μία παράμετρος η οποία πρέπει να ληφθεί υπ' όψιν για να προσεγγίσουμε την κατάσταση ουσιαστικά και στην πλήρη διάστασή της. Συγκεκριμένα, οι περίοικοι έχουν συνηθίσει να ακούν θόρυβο ο οποίος προέρχεται από τη μηχανή και τα λάστιχα του αυτοκινήτου και είναι τρόπον τινά 'ομοιόμορφος', με την έννοια ότι η ένταση και η συχνότητα αυξάνονται ομοιόμορφα ως τη στιγμή που το όχημα διέρχεται από το σημείο αναφοράς, την οικία για παράδειγμα που πλήττεται από το

δημιουργούμενο θόρυβο, και στη συνέχεια μειώνονται πάλι ομοιόμορφα καθώς απομακρύνεται. (η αυξομείωση της έντασης είναι επακόλουθο της μεταβολής της απόστασης πηγής – δέκτη ενώ η μεταβολή της συχνότητας οφείλεται στο φαινόμενο Doppler). Η αιχμή δηλαδή που δημιουργείται, εμφανίζεται ομοιόμορφα, σε αντίθεση με την περίπτωση στην οποία η αιχμή δημιουργείται κατά τη διέλευση από το σαμαράκι, οπότε η εμφάνισή της είναι πολύ πιο απότομη. Αυτή ακριβώς η απουσία ομοιομορφίας κατά την εξέλιξη του περιστατικού θορύβου, η απότομη δηλαδή εμφάνιση της αιχμής του θορύβου και εν συνεχεία εξαφάνισή της, είναι αυτή που αποδεδειγμένα την καθιστά ακόμη περισσότερο ενοχλητική για τον άνθρωπο, κάνοντάς την να εξέχει ακόμη περισσότερο όχι μόνο από το θόρυβο βάθους αλλά και από το θόρυβο του ιδίου του περιστατικού. Για την καλύτερη κατανόηση των παραπάνω παρατίθενται στη συνέχεια το διάγραμμα 6.1. στο οποίο παρουσιάζεται ενδεικτικά για την ταχύτητα των 60 km/h η χρονική εξέλιξη του φαινομένου οχήματος που διέρχεται από οδόστρωμα (μαύρη γραμμή) και οχήματος που διέρχεται πάνω από σαμαράκι (πράσινη γραμμή).



Διαγ. 6.1.

Ο οριζόντιος άξονας είναι ο άξονας του χρόνου ενώ ο κατακόρυφος ο άξονας των dB(A). Στο διάγραμμα φαίνονται σχηματικά όσα αναφέρθηκαν παραπάνω. Παρατηρούμε δηλαδή ότι η εμφάνιση της μέγιστης τιμής της πράσινης γραμμής

γίνεται σαφώς πιο απότομα από αυτή της μαύρης γραμμής η οποία ακολουθεί μία πιο ομαλή πορεία. Αυτή η απότομη εμφάνιση της αιχμής είναι που καθιστά περισσότερο ενοχλητικό το περιστατικό θορύβου συγκρινόμενη ακόμα και με μία αιχμή ιδίου μεγέθους αλλά της μορφής που παρουσιάζει η μαύρη γραμμή.

Υπάρχει, ακόμα, μία σειρά από παράγοντες οι οποίοι μπορούν να επηρεάσουν τόσο το μέγεθος της εμφανιζόμενης τιμής της αιχμής θορύβου που προκαλείται από τη διέλευση ενός οχήματος από το σαμαράκι, όσο και την ένταση της ενόχλησης που αυτή δημιουργεί. Ένα από τα προφανή συμπεράσματα που προκύπτουν από την εξέταση των αποτελεσμάτων του πειράματος της παρούσας εργασίας είναι το ότι από τις δύο διατάξεις που χρησιμοποιήθηκαν στο πείραμα, μεγαλύτερη αύξηση στις αιχμές θορύβου προκαλεί η Διάταξη 2 (με μήκος 90 cm και ύψος 5 cm) παρά η Διάταξη 1 (με μήκος 60 cm και ύψος 3 cm). Δηλαδή πιο 'θορυβώδης' είναι η μεγαλύτερη σε ύψος αλλά και σε μήκος (κατά τον άξονα κυκλοφορίας), διάταξη. Ενδεικτικά αναφέρεται ότι οι τιμές των διαφορών αυτών μπορούσαν να φτάνουν μέχρι και το 1 dB(A). Μπορεί συνεπώς να εξαχθεί το συμπέρασμα ότι σε περίπτωση που αποφασισθεί να εγκατασταθούν σαμαράκια τύπου speed bumps σαν αυτά του πειράματος, καλό είναι να αποφεύγεται η χρήση πολύ μεγάλων και κυρίως πολύ ψηλών διατάξεων. Σημαντικό επίσης ρόλο παίζει η ποιότητα και τα υλικά κατασκευής των διατάξεων. Σημειώνεται ότι τα σαμαράκια τα οποία χρησιμοποιήθηκαν για τους σκοπούς της εργασίας αυτής είναι κατασκευασμένα από ελαστικά υλικά άριστης ποιότητας και είναι ίδια με αυτά που χρησιμοποιούνται στο παρόδιο δίκτυο της Αττικής Οδού. Συνεπώς οι τιμές της επιδείνωσης των αιχμών θορύβου που αναμένεται να προκύψουν λόγω της τοποθέτησης speed bumps σε κάποια οδό δεν αποκλείεται να είναι ελαφρώς μεγαλύτερες από αυτές που εκτιμά η παρούσα εργασία, σε περίπτωση που αυτά δεν είναι εξαιρετικής ποιότητας ή είναι κατασκευασμένα από υλικά των οποίων η επαφή με τους τροχούς του οχήματος είναι πιο θορυβώδης.

Εκτός φυσικά και από το μέγεθος και τον τύπο του σαμαρακίου, το μέγεθος της αιχμής θορύβου που προκαλεί την ακουστική ενόχληση εξαρτάται και από τον τύπο του οχήματος. Θεωρείται δεδομένο πως πρέπει να αποφεύγεται η διέλευση βαρέων οχημάτων από οδούς στις οποίες έχουν τοποθετηθεί σαμαράκια καθώς λόγω του μεγάλου βάρους τους θα δημιουργούν εξαιρετικά υψηλές τιμές θορύβου, ενώ έτσι κι αλλιώς σε μία ήσυχη γειτονιά σαν κι αυτή στην οποία εξετάζεται το ενδεχόμενο εφαρμογής τέτοιου είδους μέτρων, η κυκλοφορία βαρέων οχημάτων θα αποτελούσε

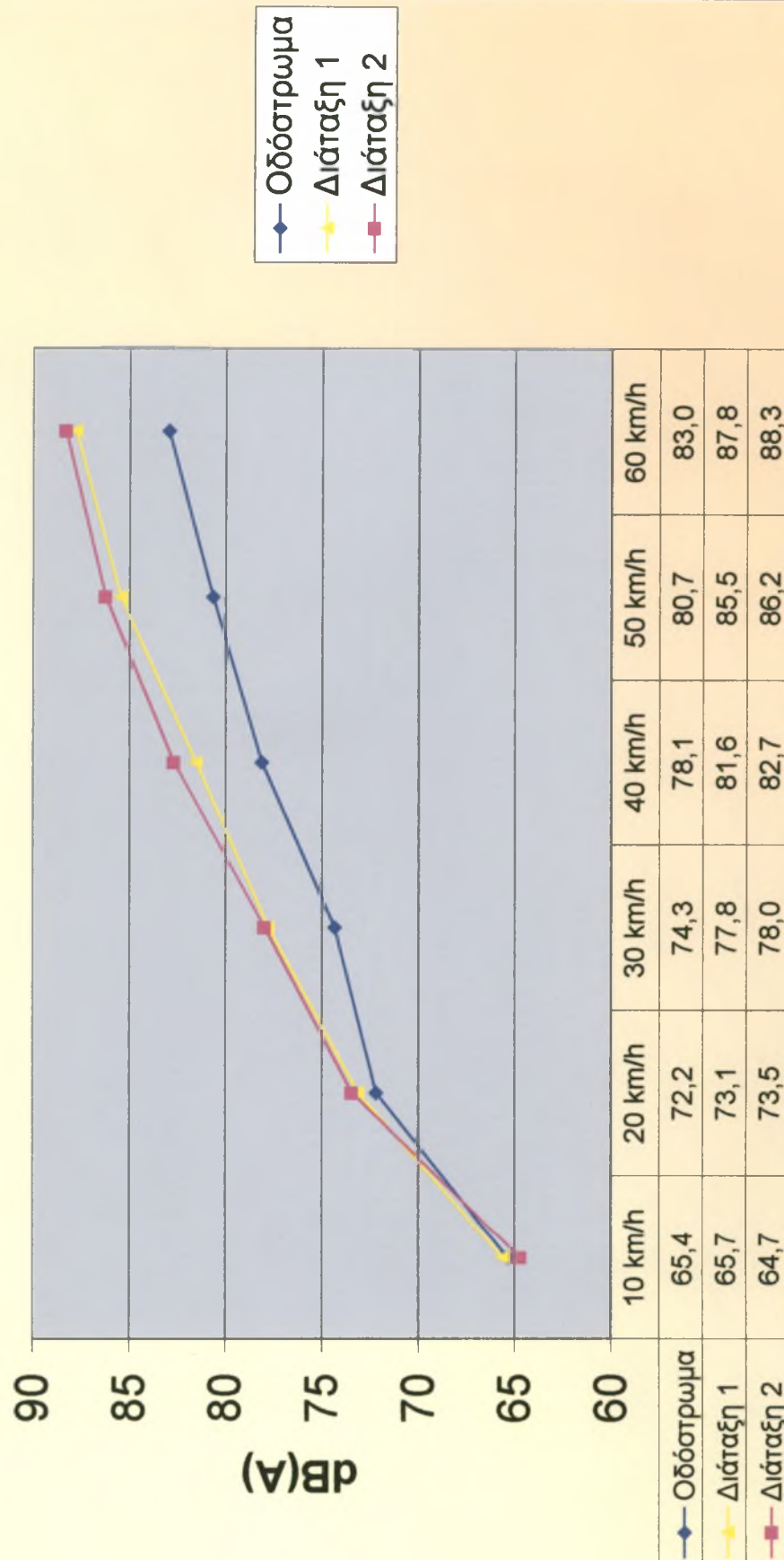
πρόβλημα. Ενδιαφέρον ωστόσο παρουσιάζει το τι συμβαίνει με τα οχήματα τύπου S.U.V. τα οποία άλλωστε κυκλοφορούν σε πολύ μεγάλο βαθμό σε προαστιακές περιοχές στις οποίες τοποθετούνται ή υπάρχουν σκέψεις να τοποθετηθούν σαμαράκια, όπως για παράδειγμα στους δήμους των βορείων προαστίων της Αθήνας. Παρόλο που τα οχήματα αυτά έχουν μεγαλύτερο κυβισμό και μεγαλύτερο βάρος από τα συνηθισμένα αυτοκίνητα I.X., προέκυψε από το πείραμα ότι οι αιχμές θορύβου που δημιουργούνται από τη διέλευση του οχήματος S.U.V. από το σαμαράκι, αλλά και οι επιδεινώσεις σε σχέση με τη διέλευση από οδικό τμήμα χωρίς σαμαράκι, ήταν μικρότερες από τις αντίστοιχες του I.X. οχήματος. Το αποτέλεσμα αυτό προφανώς οφείλεται στον εξοπλισμό των οχημάτων S.U.V. με καλύτερα και μαλακότερα συστήματα αναρτήσεων. Συμπεραίνουμε λοιπόν τελικά ότι κανένας περιορισμός δεν υπάρχει, από άποψη ακουστικής ενόχλησης, για την κίνηση τέτοιου είδους οχημάτων σε οδούς με σαμαράκια, αντιθέτως μάλιστα τα σαμαράκια είναι πιο 'φίλικα' απέναντι στα οχήματα αυτά.

Οφείλουμε στο σημείο αυτό να σημειώσουμε ότι το κατά πόσον είναι έντονη η ακουστική ενόχληση που προκαλεί στον άνθρωπο η προκαλούμενη αυτή αύξηση των αιχμών θορύβου, εξαρτάται και από μία σειρά από άλλες παραμέτρους. Κατ' αρχήν, ένας ιδιαίτερα σημαντικός παράγων είναι η απόσταση των παρόδιων κατοικιών από τη θέση εφαρμογής τους. Είναι προφανές ότι η ενόχληση που δημιουργείται στους κατοίκους είναι πιο μεγάλη σε περίπτωση που τα κτίρια βρίσκονται κοντά στην πηγή του θορύβου όντας περισσότερο εκτεθειμένα σε αυτόν, ενώ αντίθετα μειώνεται όσο αυξάνεται αυτή η απόσταση. Συνεπώς, το πόσο κοντά στην οδό, άρα και στην πηγή θορύβου, βρίσκονται τα παρόδια κτίρια είναι ένα θέμα το οποίο πρέπει να λαμβάνεται υπ' όψιν κατά τη μελέτη που κανονικά πρέπει να πραγματοποιείται πριν την εφαρμογή του μέτρου. Αναφορικά με τη διάδοση του θορύβου από την πηγή (οδός) στο δέκτη (περίοικοι), αυτή μπορεί να επηρεαστεί και από άλλες παραμέτρους. Για παράδειγμα, η ύπαρξη δένδρων στα άκρα της οδού μπορεί να περιορίσει τη μετάδοση αυτή, ελαττώνοντας έτσι το μέγεθος της ακουστικής ενόχλησης. Έτσι, σε περίπτωση που τοποθετηθούν σαμαράκια, μπορεί παράλληλα να γίνει δενδροφύτευση, εφόσον είναι αυτό δυνατόν, στα άκρα της οδού, με αποτέλεσμα τόσο τη μείωση των αρνητικών επιπτώσεων του μέτρου από άποψη ακουστικής ενόχλησης, όσο και την ουσιαστική αναβάθμιση, περιβαλλοντικά αλλά και αισθητικά, της περιοχής της οδού. Επίσης, κάποια άλλα χαρακτηριστικά της οδού στην οποία πρόκειται να εφαρμοσθεί το μέτρο μπορούν και αυτά να επηρεάσουν το μέγεθος της προκαλούμενης όχλησης.

Για παράδειγμα, ένας τέτοιος παράγοντας, που επιφανειακά μπορεί να αγνοηθεί αλλά στην πραγματικότητα έχει συνέπειες στην ένταση της δημιουργούμενης ενόχλησης, είναι η κλίση της οδού. Συγκεκριμένα, σε μία κατηφορική οδό στην οποία ο θόρυβος που προκαλείται από τη μηχανή των διερχόμενων οχημάτων είναι προφανώς περιορισμένος, αφού τα οχήματα δε χρειάζεται να ‘γκαζώσουν’ για να αναπτύξουν ταχύτητα, ο θόρυβος που θα δημιουργηθεί από την πρόσκρουση του οχήματος στο σαμαράκι θα εξέχει πιο αισθητά από το μέσο οδικό θόρυβο στον οποίον έχουν συνηθίσει να εκτίθενται οι κάτοικοι, όντας έτσι πιο ενοχλητικός. Επιπροσθέτως, σε μία τέτοια οδό ευνοείται η ανάπτυξη υψηλών ταχυτήτων, με αποτέλεσμα οι αιχμές που δημιουργούνται κατά τη διέλευση από το σαμαράκι να γίνονται αισθητά μεγαλύτερες όπως αναφέρθηκε προηγουμένως.

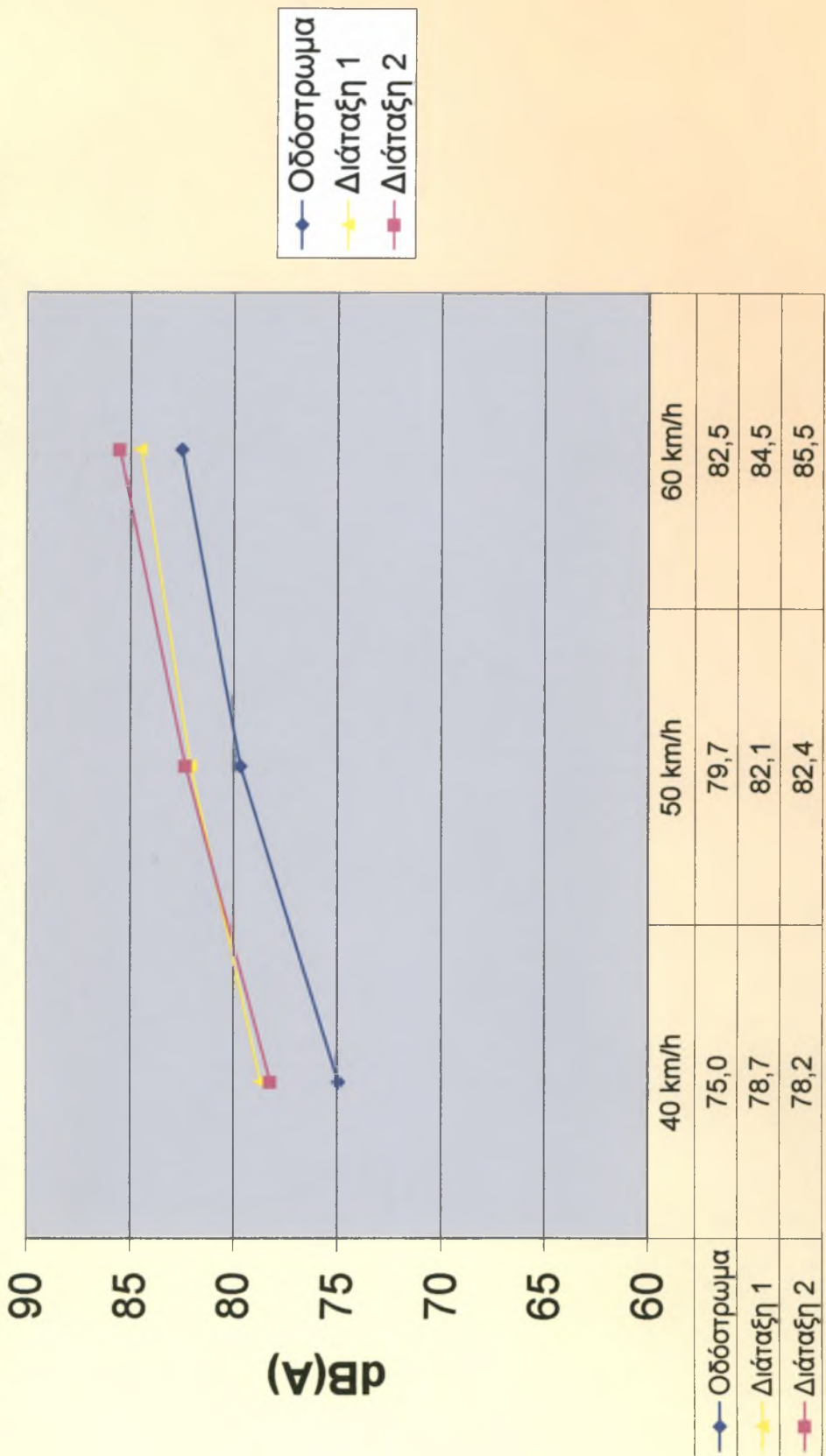
Τα αποτελέσματα των μετρήσεων παρουσιάζονται συνοπτικά στα τρία συγκεντρωτικά διαγράμματα που ακολουθούν. Στο διάγραμμα Σ.1. παρουσιάζονται συγκεντρωτικά οι μέσοι όροι των αιχμών θορύβου που καταγράφηκαν κατά τη διέλευση του οχήματος I.X. από τις δύο διατάξεις. Στο διάγραμμα Σ.2. – αντίστοιχο του Σ.1. – παρουσιάζονται οι αιχμές θορύβου που προκάλεσε το όχημα S.U.V. Τέλος, ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει το τελικό διάγραμμα Σ.3. στο οποίο φαίνονται συγκεντρωτικά οι επιδεινώσεις των αιχμών θορύβου λόγω της διέλευσης και των δύο οχημάτων από τις διατάξεις ανά ταχύτητα.

Αιχμές θορύβου (Leq 100ms) κατά τη διέλευση Ι.Χ. από το Οδόστρωμα και τις διατάξεις 1 και 2



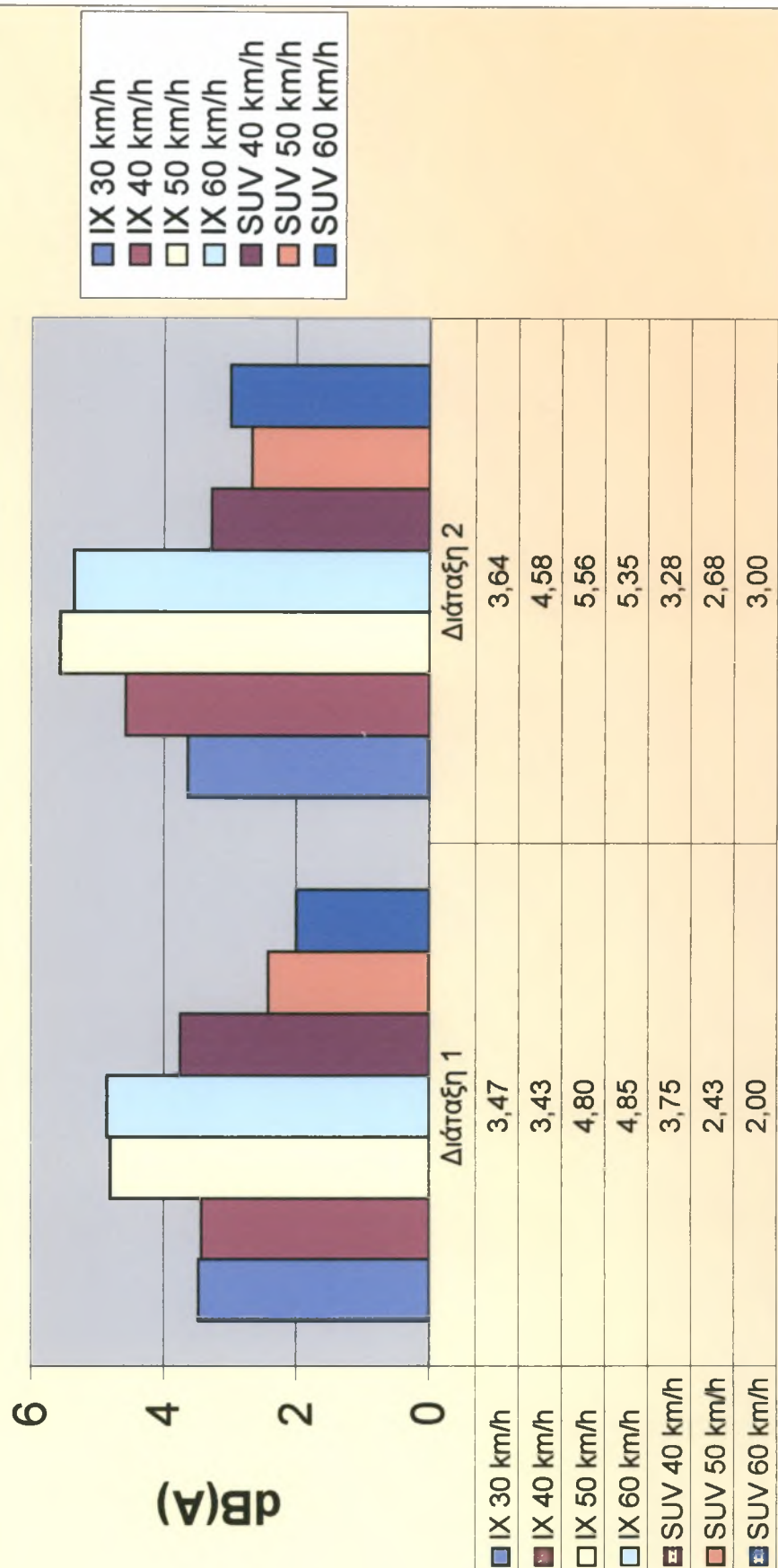
Διαγρ. Σ.1.

Αιχμές θορύβου (Leq 100ms) κατά τη διέλευση S.U.V. από το Οδόστρωμα και τις διατάξεις 1 και 2



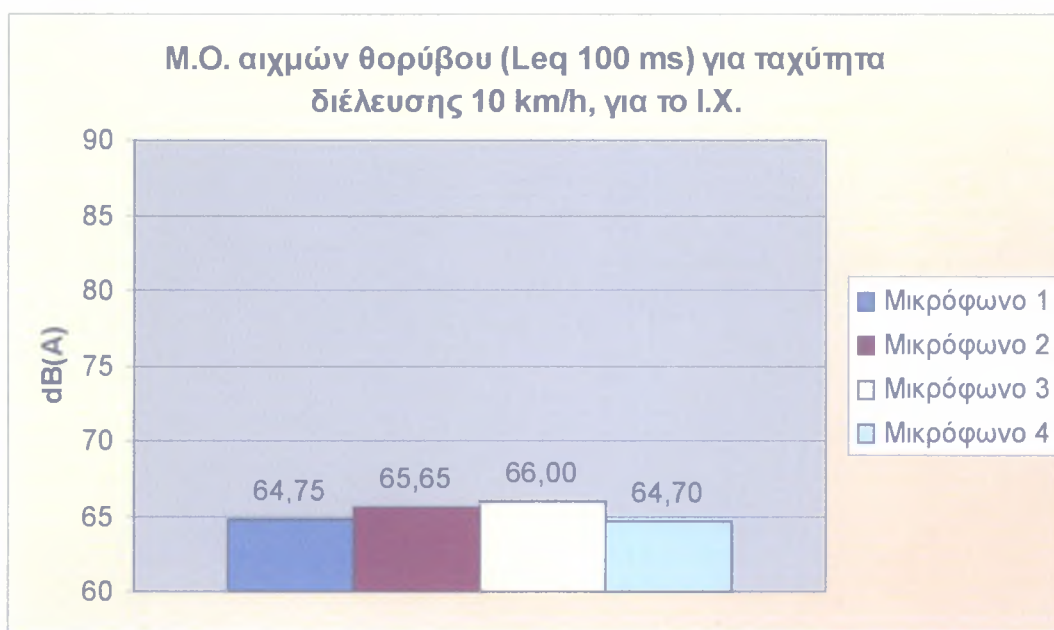
Διαγ. Σ.2.

Επιδείνωση στάθμης θορύβου λόγω διέλευσης των οχημάτων από τις Διατάξεις 1 και 2

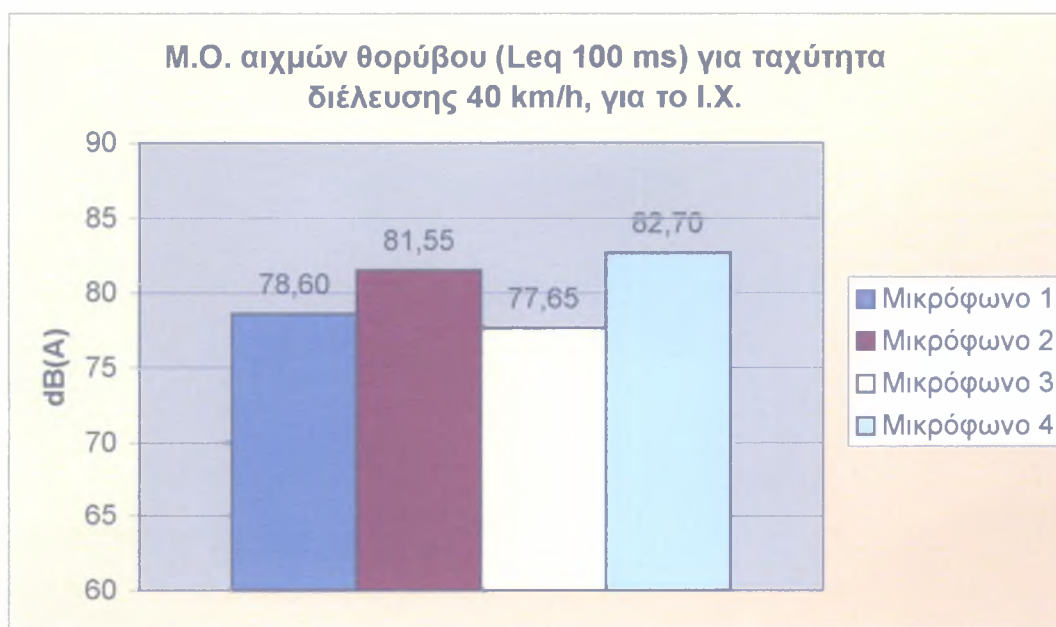
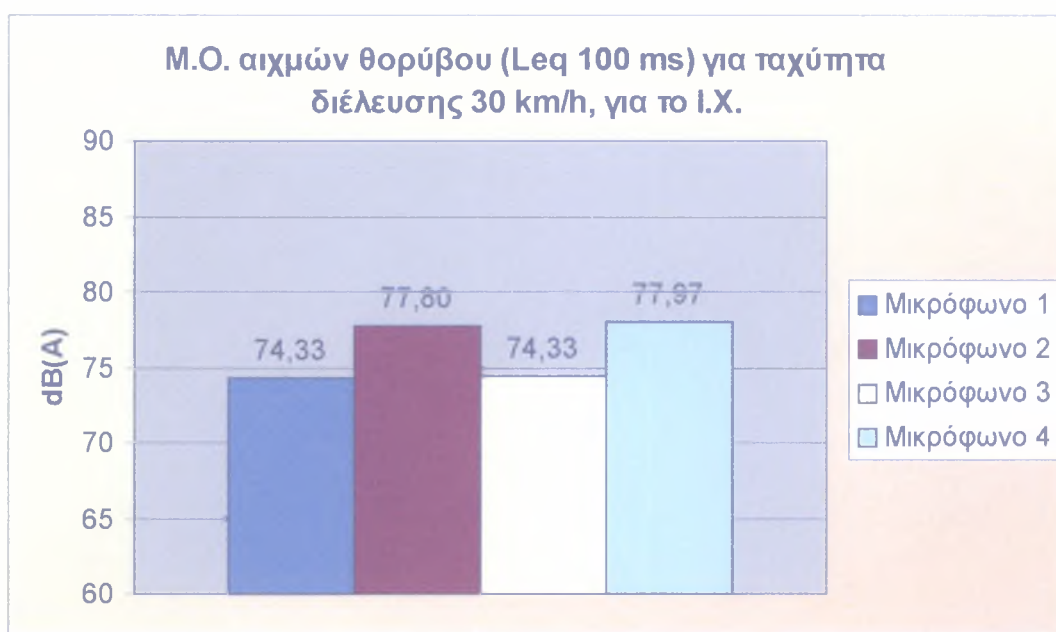


Διαγ. Σ.3.

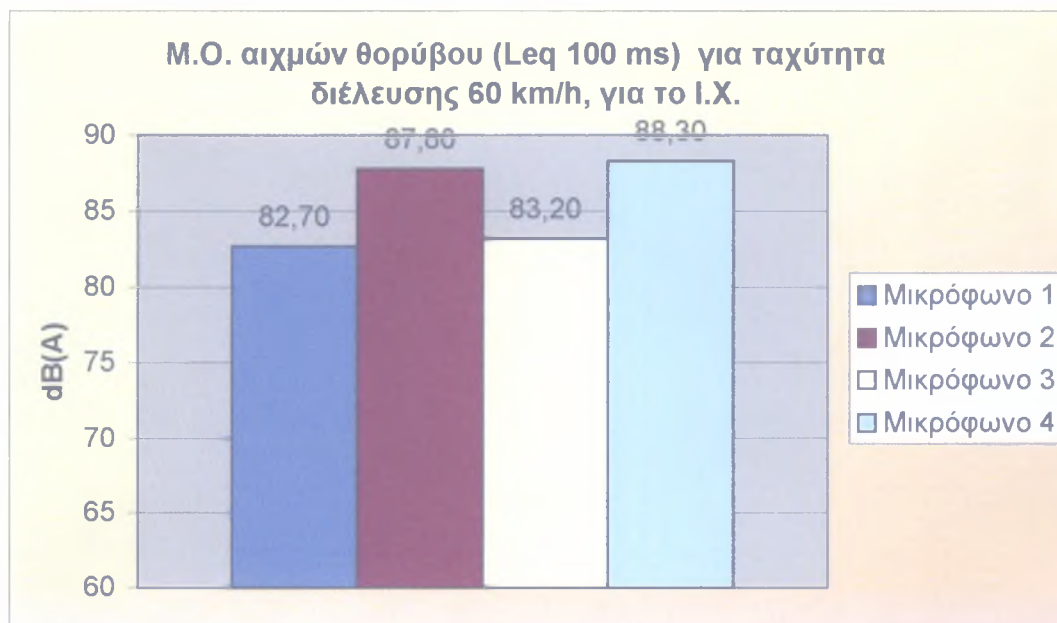
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ



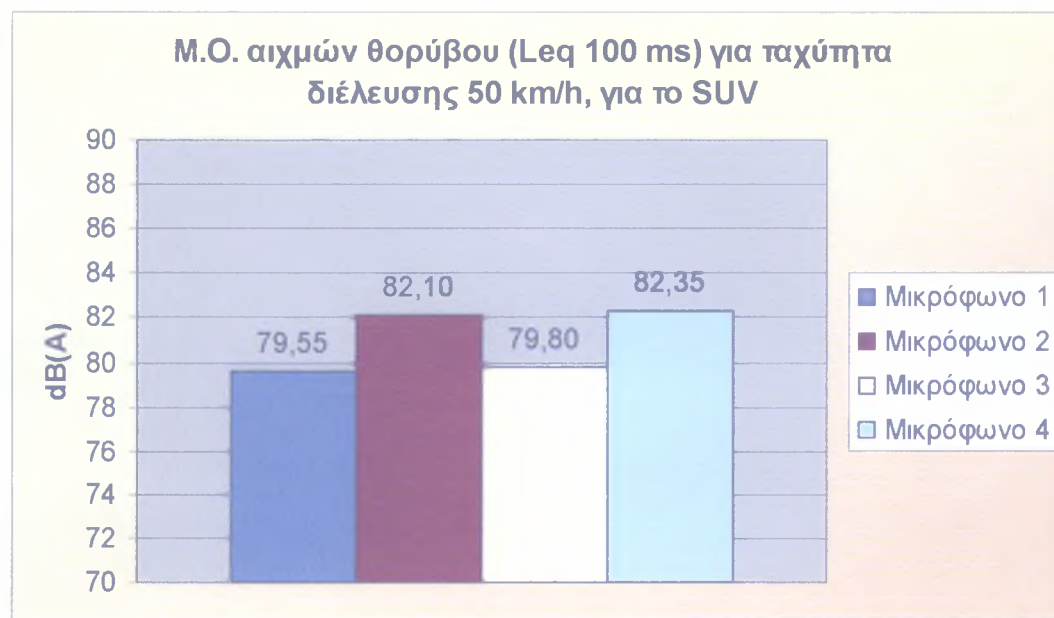
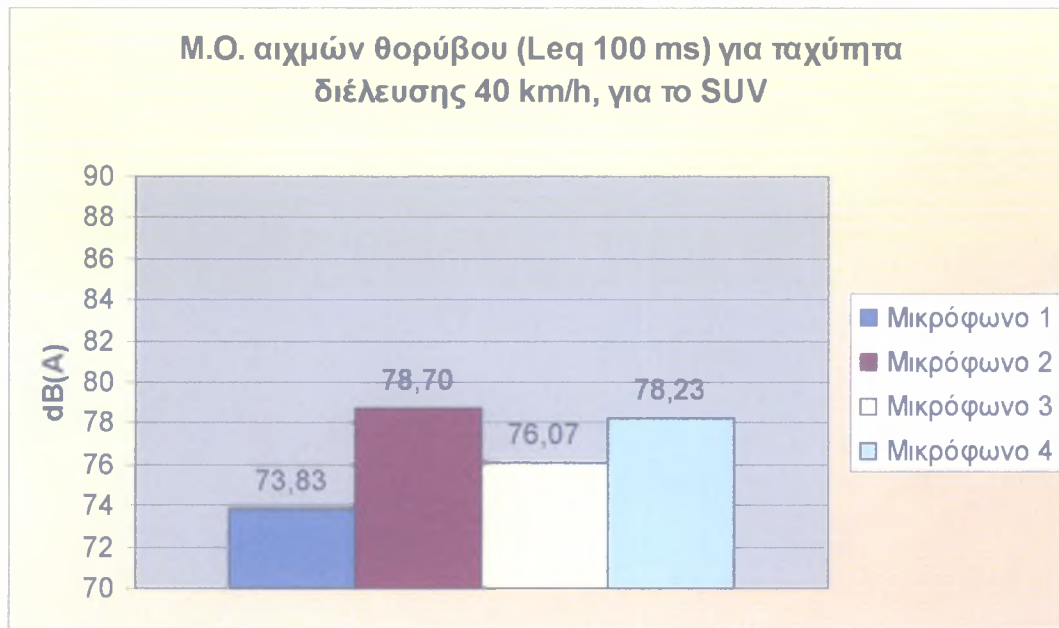
Διαγρ. Π.1. Γραφική παρουσίαση των μέσων όρων των τιμών αιχμής θορύβου που μετρήθηκαν κατά τις διελεύσεις του Ι.Χ. , ανά ταχύτητα. (1)



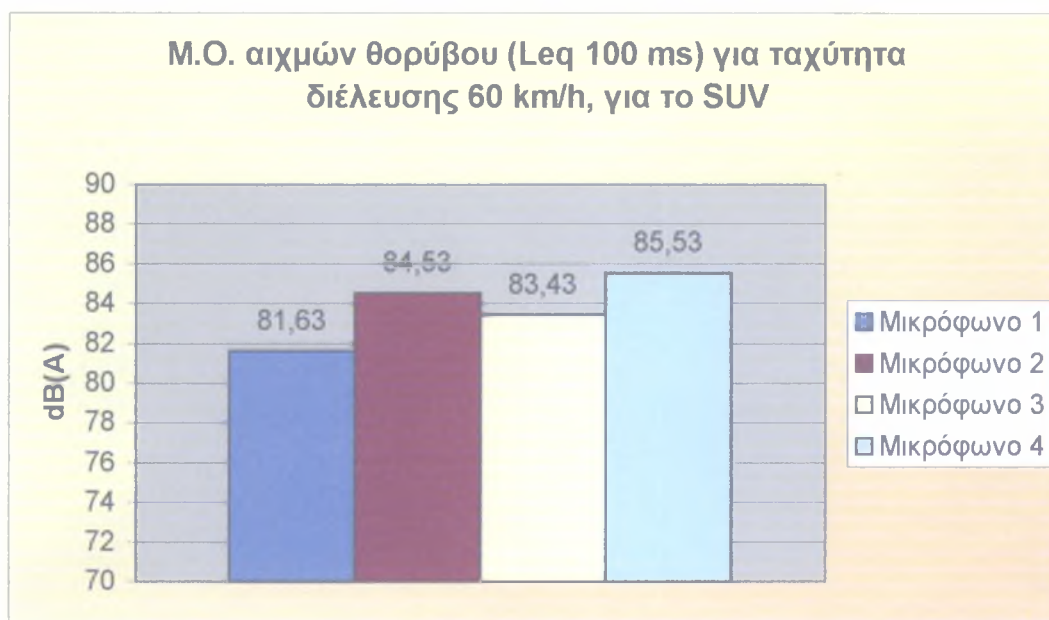
Διαγρ. Π.1. Γραφική παρουσίαση των μέσων όρων των τιμών αιχμής θορύβου που μετρήθηκαν κατά τις διελύσεις του Ι.Χ. , ανά ταχύτητα. (2)



Διαγρ. Π.1. Γραφική παρουσίαση των μέσων όρων των τιμών αιχμής θορύβου που μετρήθηκαν κατά τις διελεύσεις του Ι.Χ. , ανά ταχύτητα. (3)



Διαγρ. Π.2. Γραφική παρουσίαση των μέσων όρων των τιμών αιχμής θορύβου που μετρήθηκαν κατά τις διελύσεις του SUV , ανά ταχύτητα. (1)



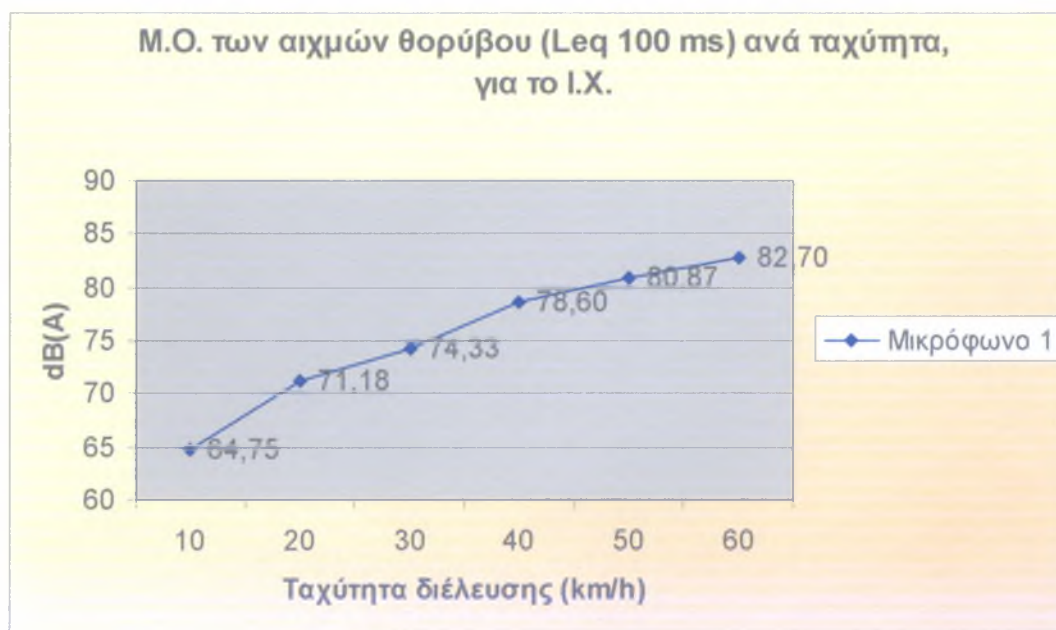
Διαγρ. Π.2. Γραφική παρουσίαση των μέσων όρων των τιμών αιχμής θορύβου που μετρήθηκαν κατά τις διελεύσεις του SUV, ανά ταχύτητα. (2)

Μ.Ο. τιμών αιχμής θορύβου	Ταχύτητα διέλευσης (km/h)					
	10	20	30	40	50	60
Μικρόφωνο 1	64,75	71,18	74,33	78,60	80,87	82,70
Μικρόφωνο 2	65,65	73,14	77,80	81,55	85,47	87,80
Μικρόφωνο 3	66,00	73,20	74,33	77,65	80,47	83,20
Μικρόφωνο 4	64,70	73,46	77,97	82,70	86,23	88,30

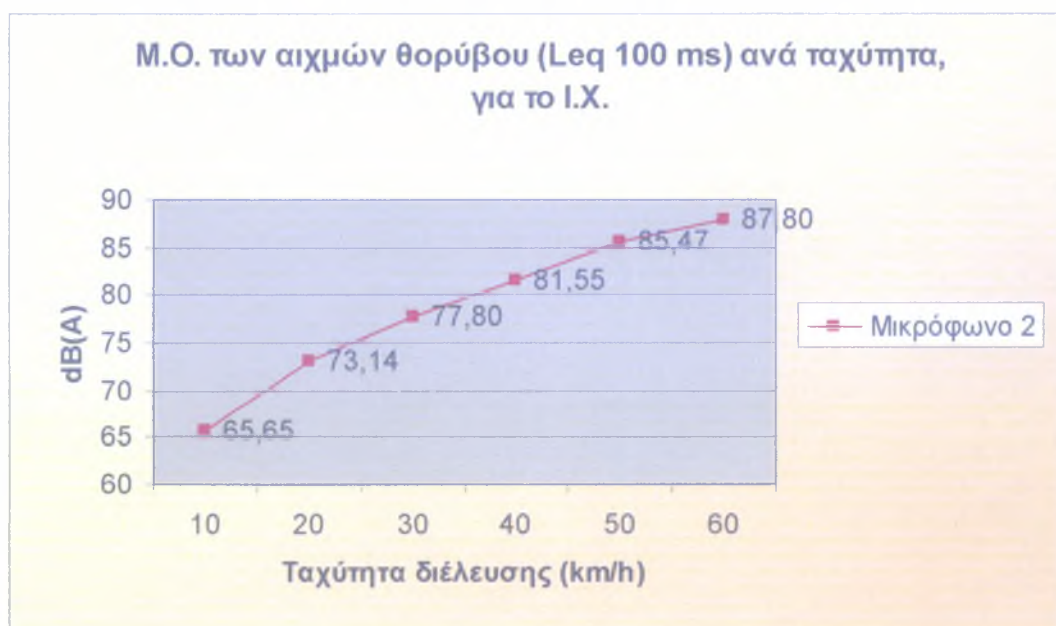
Πιν. Π.3.1. Συγκεντρωτική παρουσίαση μέσων όρων τιμών αιχμής θορύβου που μετρήθηκαν κατά τις διελεύσεις του Ι.Χ.

Μ.Ο. τιμών αιχμής θορύβου	Ταχύτητα διέλευσης (km/h)		
	40	50	60
Μικρόφωνο 1	73,83	79,55	81,63
Μικρόφωνο 2	78,70	82,10	84,53
Μικρόφωνο 3	76,07	79,80	83,43
Μικρόφωνο 4	78,23	82,35	85,53

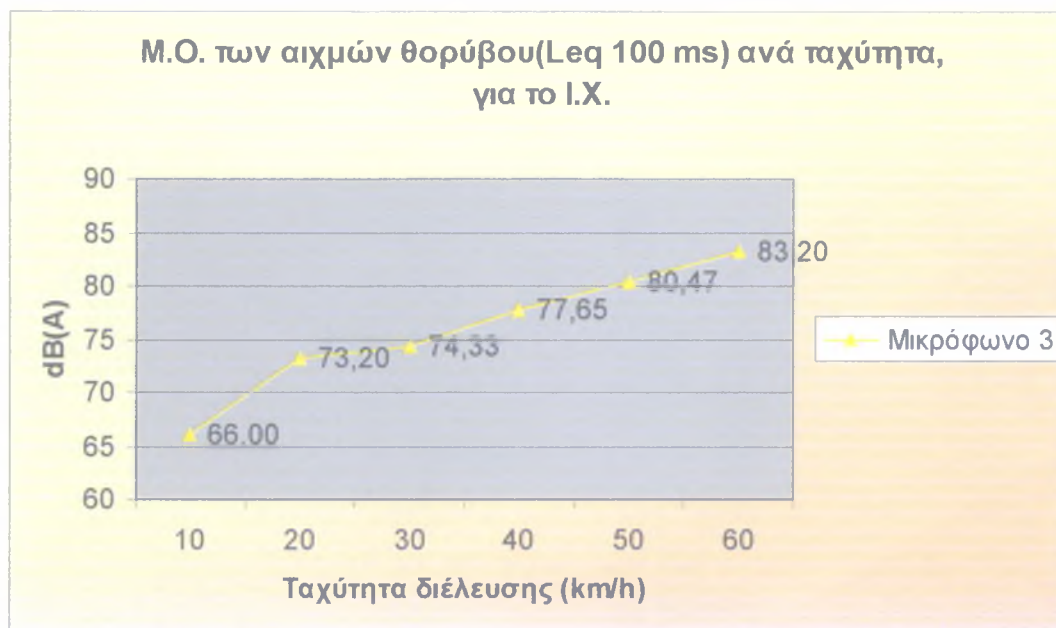
Πιν. Π.3.2. Συγκεντρωτική παρουσίαση μέσων όρων τιμών αιχμής θορύβου που μετρήθηκαν κατά τις διελεύσεις του S.U.V.



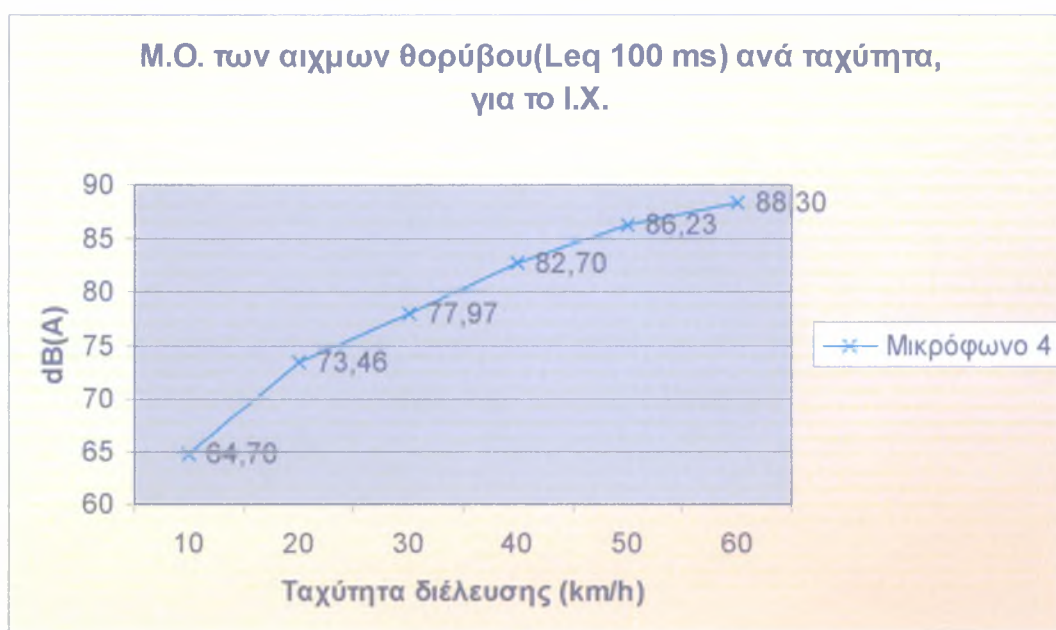
Διαγρ. Π.4. Γραφική παρουσίαση των μέσων όρων των τιμών αιχμής θορύβου που μετρήθηκαν κατά τις διελεύσεις του Ι.Χ. μπροστά από το μικρόφωνο 1.



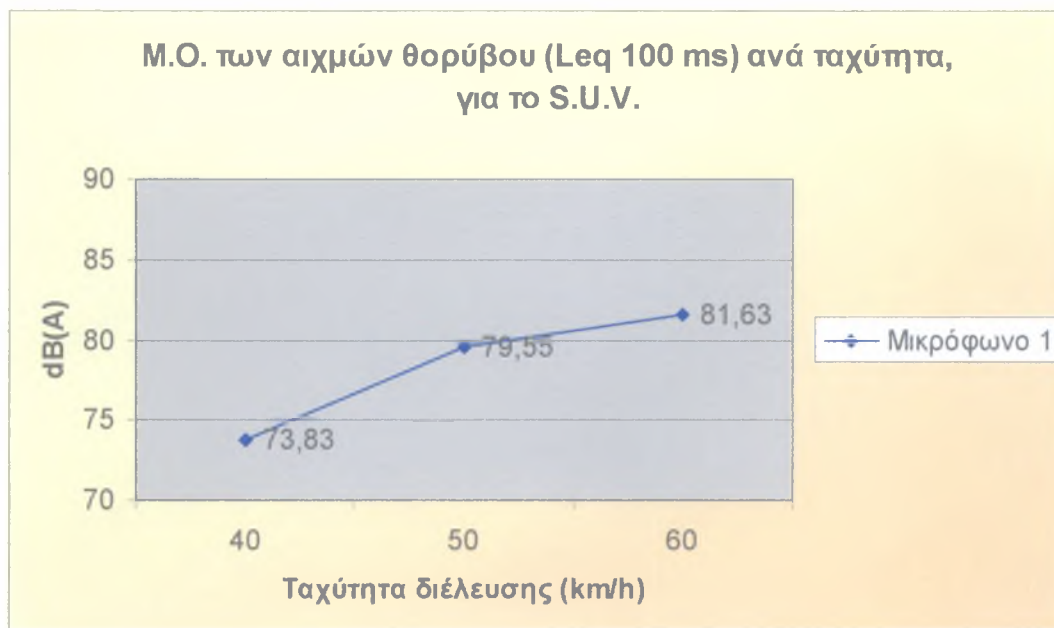
Διαγρ. Π.5. Γραφική παρουσίαση των μέσων όρων των τιμών αιχμής θορύβου που μετρήθηκαν κατά τις διελεύσεις του Ι.Χ. μπροστά από το μικρόφωνο 2.



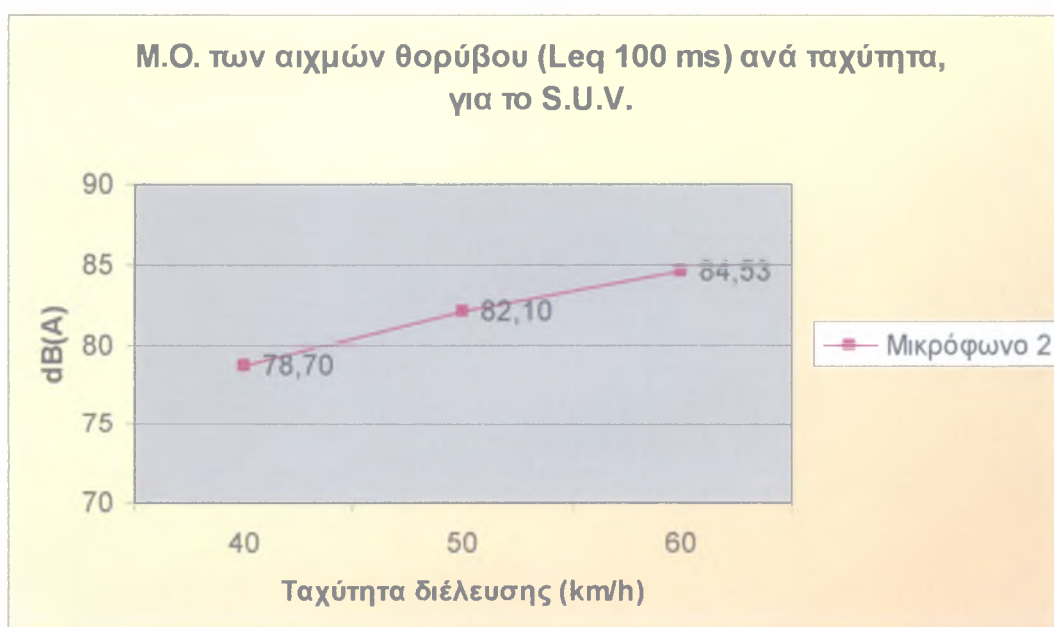
Διαγρ. Π.6. Γραφική παρουσίαση των μέσων όρων των τιμών αιχμής θορύβου που μετρήθηκαν κατά τις διελύσεις του Ι.Χ. μπροστά από το μικρόφωνο 3.



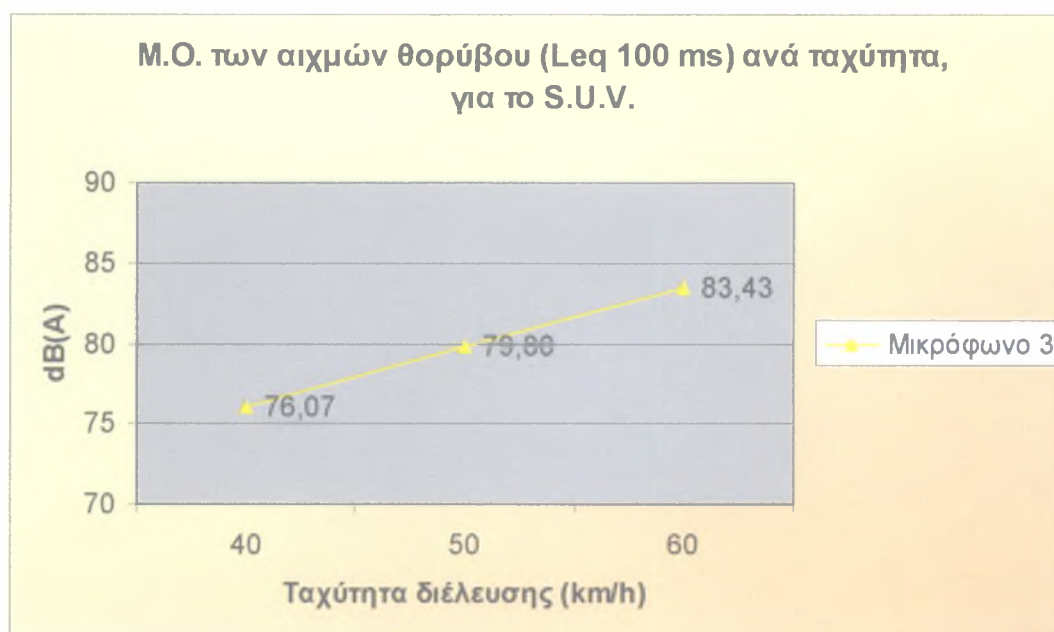
Διαγρ. Π.7. Γραφική παρουσίαση των μέσων όρων των τιμών αιχμής θορύβου που μετρήθηκαν κατά τις διελύσεις του Ι.Χ. μπροστά από το μικρόφωνο 4.



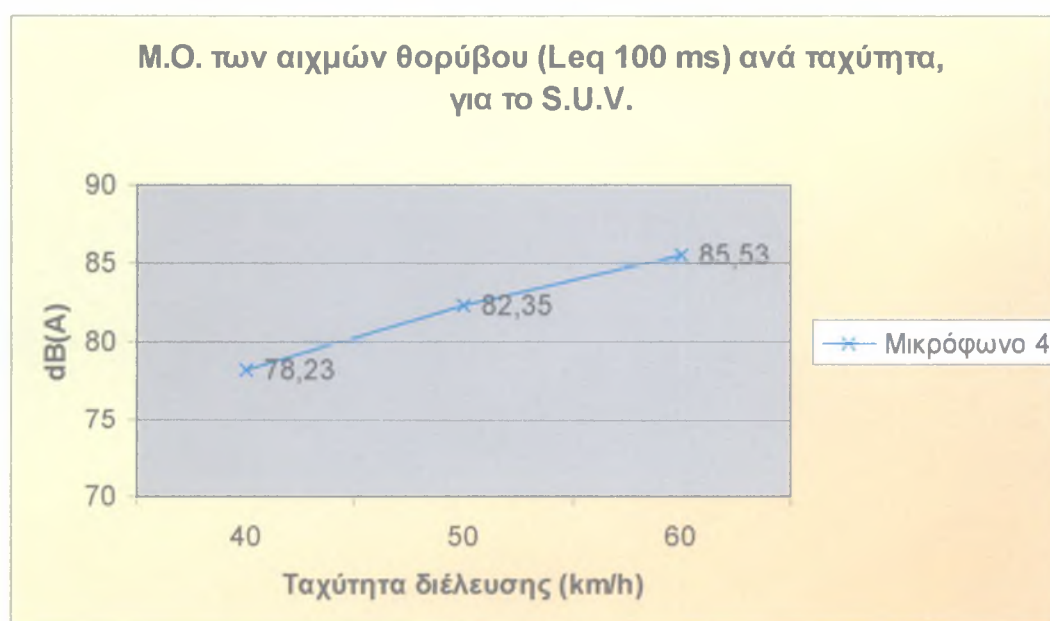
Διαγρ. Π.8. Γραφική παρουσίαση των μέσων όρων των τιμών αιχμής θορύβου που μετρήθηκαν κατά τις διελεύσεις του S.U.V. μπροστά από το μικρόφωνο 1.



Διαγρ. Π.9. Γραφική παρουσίαση των μέσων όρων των τιμών αιχμής θορύβου που μετρήθηκαν κατά τις διελεύσεις του S.U.V. μπροστά από το μικρόφωνο 2.



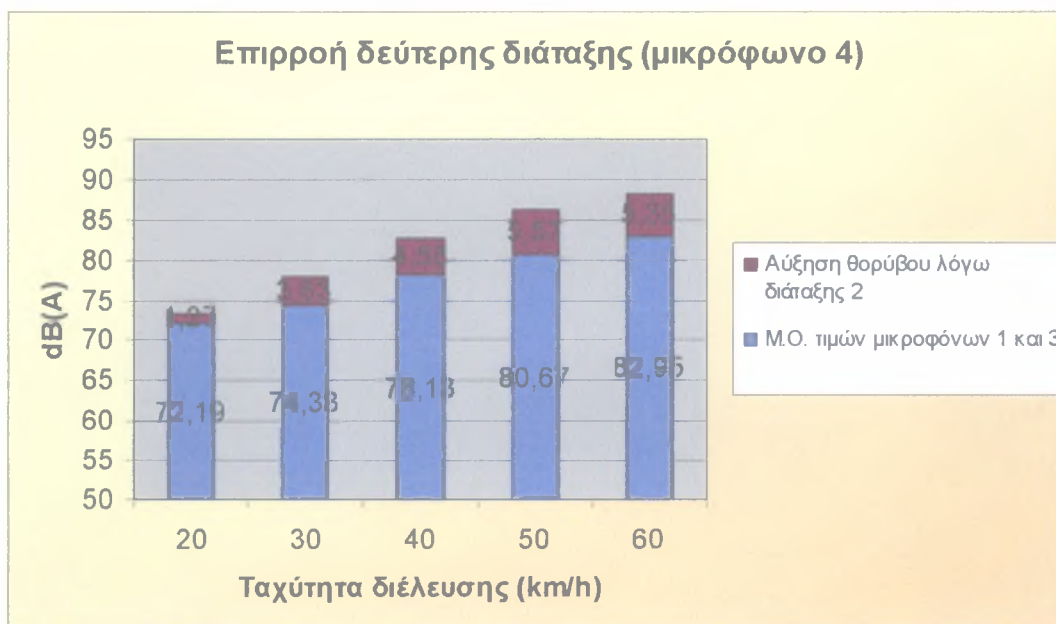
Διαγρ. Π.10. Γραφική παρουσίαση των μέσων όρων των τιμών αιχμής θορύβου που μετρήθηκαν κατά τις διελύσεις του S.U.V. μπροστά από το μικρόφωνο 3.



Διαγρ. Π.11. Γραφική παρουσίαση των μέσων όρων των τιμών αιχμής θορύβου που μετρήθηκαν κατά τις διελύσεις του S.U.V. μπροστά από το μικρόφωνο 4.



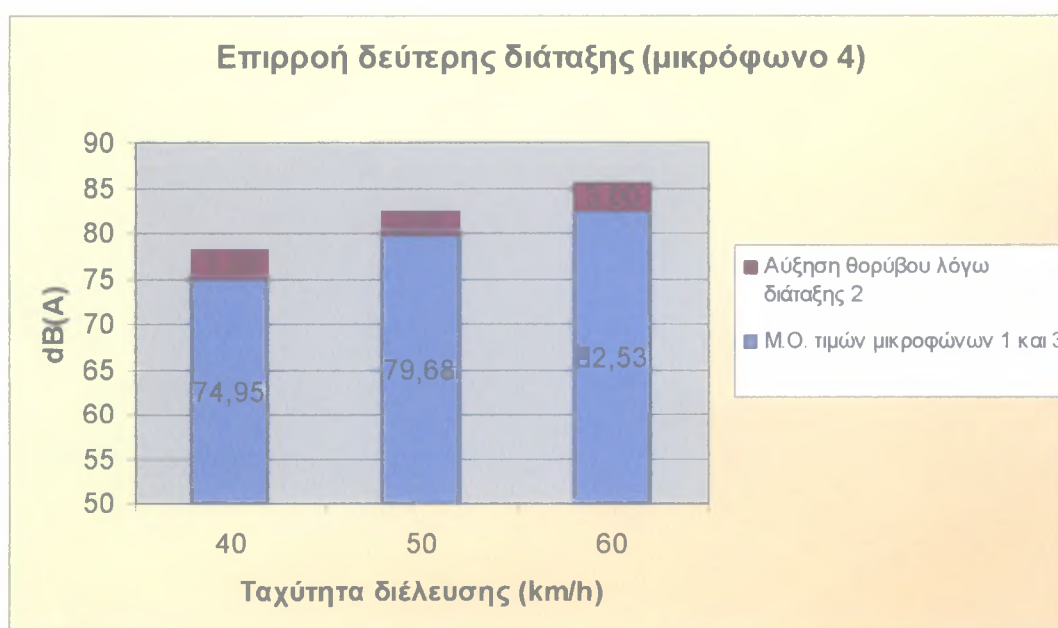
Διαγρ. Π.12. Γραφική παρουσίαση των μέσων όρων των τιμών αιχμής θορύβου κατά τη διέλευση του Ι.Χ. από το οδόστρωμα και της αύξησης του θορύβου λόγω της διέλευσής του από τη διάταξη 1, ανά ταχύτητα.



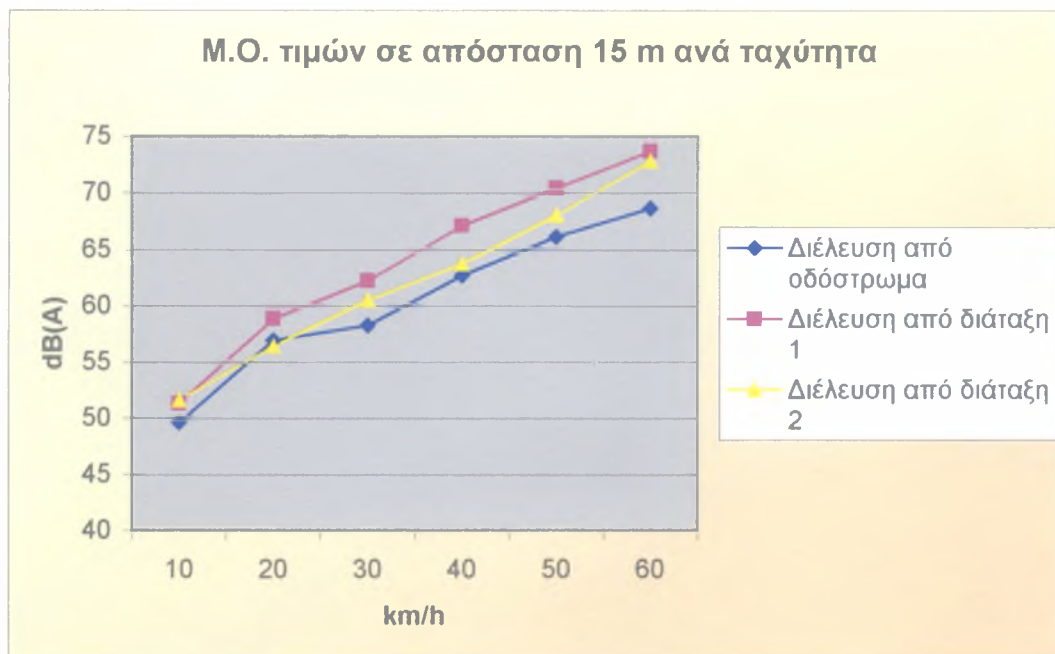
Διαγρ. Π.13. Γραφική παρουσίαση των μέσων όρων των τιμών αιχμής θορύβου κατά τη διέλευση του Ι.Χ. από το οδόστρωμα και της αύξησης του θορύβου λόγω της διέλευσής του από τη διάταξη 2, ανά ταχύτητα.



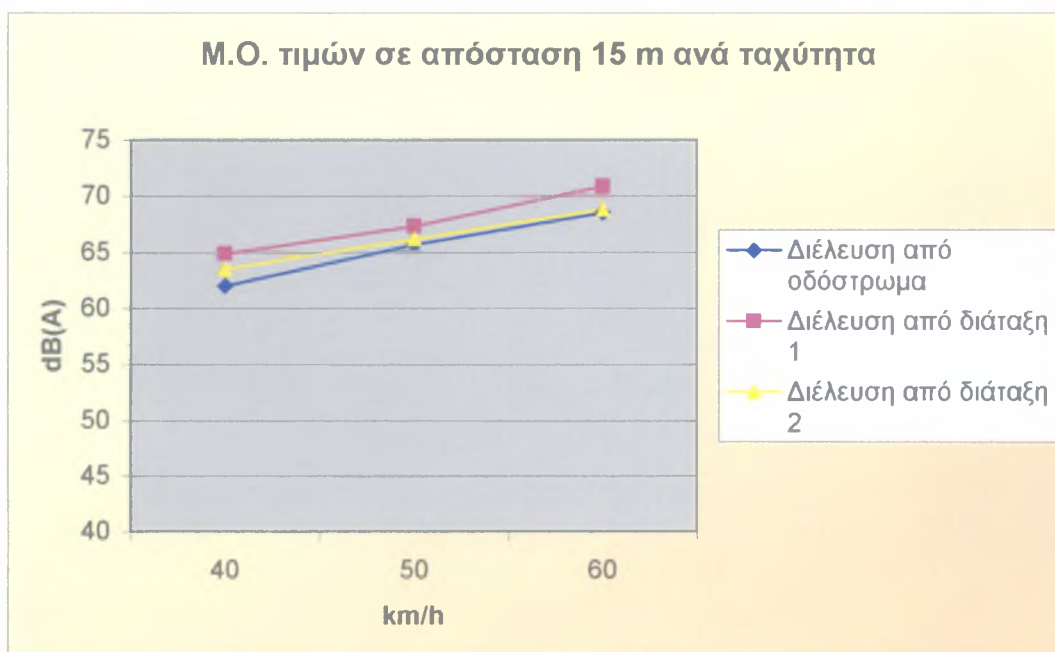
Διαγρ. Π.14. Γραφική παρουσίαση των μέσων όρων των τιμών αιχμής θορύβου κατά τη διέλευση του S.U.V. από το οδόστρωμα και της αύξησης του θορύβου λόγω της διέλευσής του από τη διάταξη 1, ανά ταχύτητα.



Διαγρ. Π.15. Γραφική παρουσίαση των μέσων όρων των τιμών αιχμής θορύβου κατά τη διέλευση του S.U.V. από το οδόστρωμα και της αύξησης του θορύβου λόγω της διέλευσής του από τη διάταξη 2, ανά ταχύτητα.



Διαγρ. Π.15. Γραφική παρουσίαση των μέσων όρων των τιμών θορύβου σε απόσταση 15 μέτρων κατά τη διέλευση του Ι.Χ. , ανά ταχύτητα.



Διαγρ. Π.16. Γραφική παρουσίαση των μέσων όρων των τιμών θορύβου σε απόσταση 15 μέτρων κατά τη διέλευση του S.U.V. , ανά ταχύτητα

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- **‘Συγκριτική ανάλυση τεχνικών ήπιας κυκλοφορίας’**
Παπαδημητρίου Φωτεινή, Διπλωματική εργασία, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας
- **‘Ηπια κυκλοφορία σε αστικές περιοχές’**
Καύκουλα Κική, Τεχνικό περιοδικό Κτίριο
- **‘Προσωρινή τεχνική προδιαγραφή εγκάρσιων υπερυψωμένων λωρίδων οδοστρώματος για τη μείωση της ταχύτητας οχημάτων’**
Υ.ΠΕ.ΧΩ.Δ.Ε. ΔΜΕΟ/ε/οικ/603/28-9-92
- **‘Speed Bumps: Introduction and general standards’**
Bureau of Traffic Management – City of Portland, Oregon
- **‘A study on Speed Humps’**
D.E. Smith and K.L. Giese, Centre for Transportation Research and Education, Iowa University
- **‘Περιβαλλοντική Οδοποιία: Μελέτες περιβαλλοντικών επιπτώσεων οδικών συγκοινωνιακών έργων’**
Σημειώσεις του μαθήματος, Κ. Βογιατζής, Πανεπιστημιακές εκδόσεις Θεσσαλίας
- **‘Road traffic noise influenced by road bumps’**
R. Rylander and M. Bjorkmann, Journal of Sound and Vibration v.250 p.157-159
- **‘The effects of traffic calming measures on vehicle and traffic noise’**
P. Abbot, M. Taylor and R. Layfield, Traffic Research Laboratory



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ



004000074681